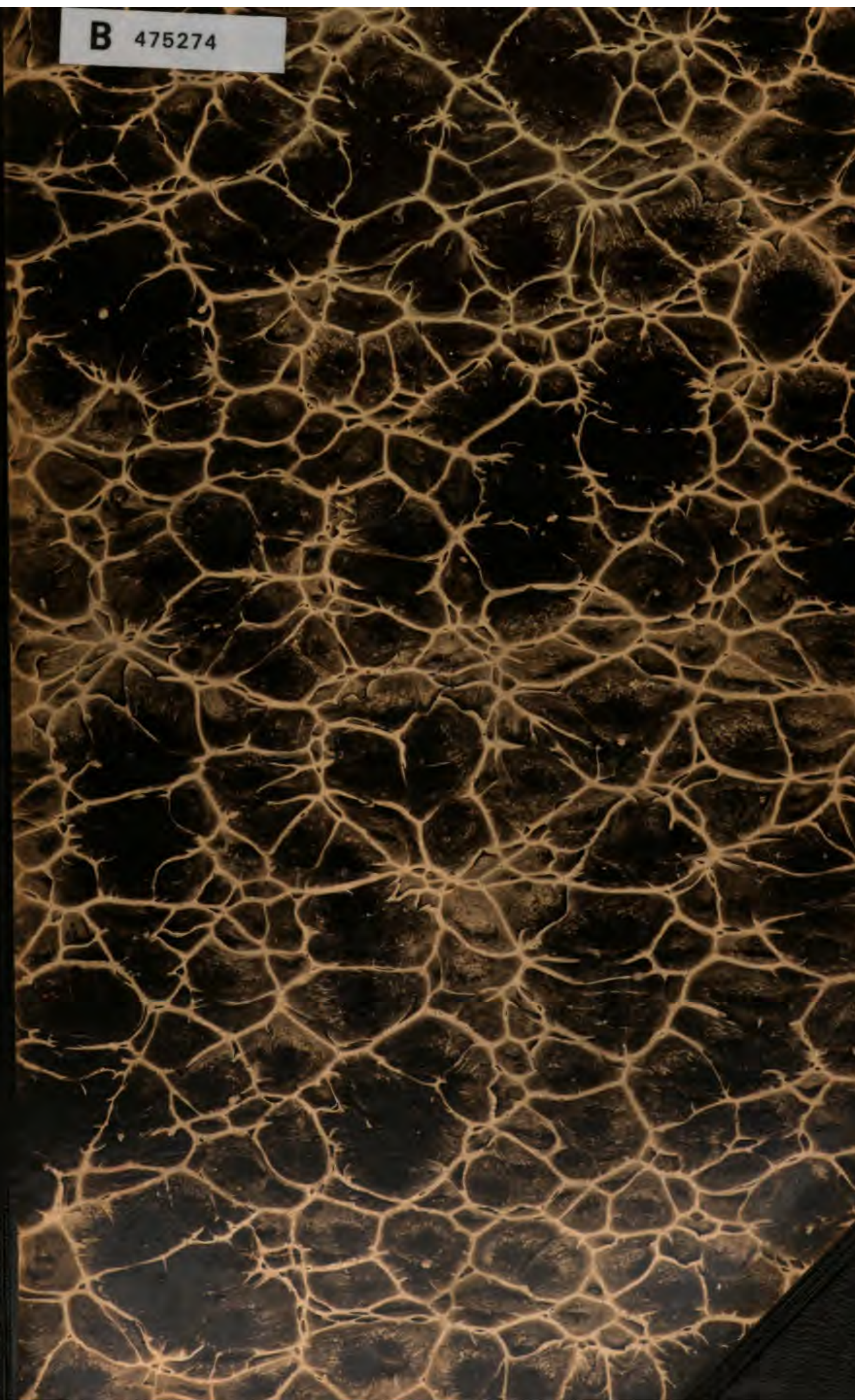
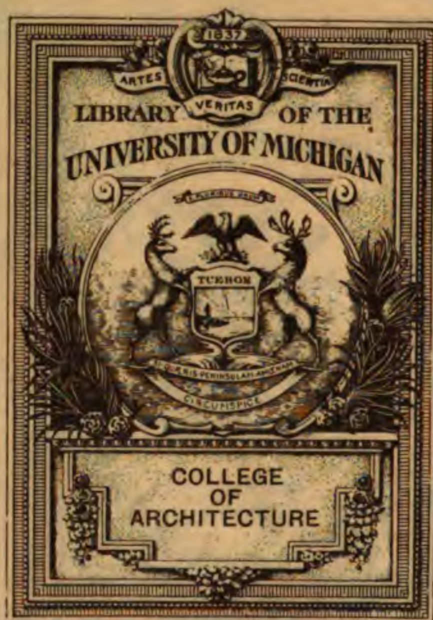



1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
CIRCUMSPICE
COLLEGE
OF
ARCHITECTURE

Gesamtanordnung und Gliederung des »Handbuches der Architektur« (zugleich Verzeichnis der bereits erschienenen Bände, bezw. Hefte) sind am Schlusse des vorliegenden Bandes zu finden.

Jeder Band, bezw. Halbband und jedes Heft des »Handbuches der Architektur« bildet auch ein für sich abgeschlossenes Buch und ist einzeln käuflich.

HANDBUCH

DER

ARCHITEKTUR.

Unter Mitwirkung von

Oberbaudirektor
Profeffor Dr. **Jofef Durm**
in Karlsruhe

und

Geh. Regierungs- und Baurat
Profeffor **Hermann Ende**
in Berlin

herausgegeben von

Geheimer Baurat
Profeffor Dr. **Eduard Schmitt**
in Darmftadt.

Dritter Teil.

DIE HOCHBAUKONSTRUKTIONEN.

1. Band:

Konftruktionselemente

in Stein, Holz und Eifen.

Fundamente.

DRITTE AUFLAGE.

ARNOLD BERGSTRÄSSER VERLAGSBUCHHANDLUNG (A. KRÖNER).
STUTTGART 1901.

DIE
HOCHBAUKONSTRUKTIONEN.

DES

HANDBUCHES DER ARCHITEKTUR

DRITTER TEIL.

1. Band:

Konftruktionselemente in Stein.

Von **Erwin Marx**,
Geh. Baurat und Profeffor an der technifchen Hochfchule zu Darmftadt.

Konftruktionselemente in Holz.

Von Dr. **Friedrich Heinzerling**,
Geh. Regierungsrat und Profeffor an der technifchen Hochfchule zu Aachen.

Konftruktionselemente in Eifen.

Von **Georg Barkhaufen**,
Geh. Regierungsrat und Profeffor an der technifchen Hochfchule zu Hannover.

Fundamente.

Von Dr. **Eduard Schmitt**,
Geh. Baurat und Profeffor an der technifchen Hochfchule zu Darmftadt.

DRITTE AUFLAGE.

Mit 802 in den Text eingedruckten Abbildungen.



STUTTGART 1901.
ARNOLD BERGSTRÄSSER VERLAGSBUCHHANDLUNG
A. KRÖNER.

Druck der Union Deutsche Verlagsgesellschaft in Stuttgart.

Handbuch der Architektur.

III. Teil.

Hochbaukonftruktionen.

1. Band.

(Dritte Auflage.)

INHALTSVERZEICHNIS.

Erfte Abteilung:

Konftruktionselemente.

1. Abfchnitt:

Konftruktionselemente in Stein.

2. Abfchnitt:

Konftruktionselemente in Holz.

3. Abfchnitt:

Konftruktionselemente in Eifen.

Zweite Abteilung:

Fundamente.

1. Abfchnitt:

Fundament und Baugrund.

Handbuch der Architektur.

III. Teil.

Die Hochbaukonftruktionen.

. . . *architecture is nothing more or lefs than the art of* ***ornamental and ornamented conftruction.***

FERGUSSON, J. *A hiftory of architecture in all countries.* London 1865. Band 1, S. 9.

. . . Dahingegen beruhet die Kenntnis deffen, was dazu gehöret, um die Gebäude **dauerhaft** aufzuführen, auf Grundfätzen der Statik, verbunden mit vielen Erfahrungen. Nach felbigen mufs der Baumeifter die verlangte Einrichtung der Gebäude zu entwerfen und die Dauerhaftigkeit damit zu verbinden wiffen. Nach diefen Grundfätzen wird beftimmt, was ohne Gefahr möglich ift, oder was nicht erfüllt werden kann, ohne der Haupteigenfchaft des Gebäudes, nämlich der **Dauerhaftigkeit** zu nahe zu treten.

GILLY, D. Handbuch der Land-Bau-Kunft etc. Erfter Teil. Berlin 1797. S. 1.

In den beiden vorhergehenden Teilen unferes »Handbuches der Architektur« wurden in erfter Reihe die Stoffe, aus denen unfere Bauwerke hergeftellt werden, vorgeführt, alsdann die ftatifchen Bedingungen und Grundfätze, denen das ganze Bauwerk fowie feine einzelnen Teile unterworfen find, erläutert; endlich haben die Kunftformen, welche der Bauftoff unter Berückfichtigung feiner befonderen Eigenfchaften und feiner Stabilitätsbedingungen in den einzelnen Bauteilen, fowie in den Profan- und Monumentalbauten während der bedeutenderen, uns bekannten Kulturepochen erhalten hat, eine eingehende Behandlung erfahren. Nunmehr gelangen wir dazu, die einzelnen Teile eines Bauwerkes an und für fich, fowie auch in ihrer Zufammenfügung zum Bauwerke felbft vom konftruktiven Standpunkte aus zu betrachten.

Damit ein Bauteil dem beabfichtigten Zwecke in thunlichft vollkommener Weife entfpreche, mufs er eine beftimmte Geftalt und eine beftimmte Einrichtung erhalten. Damit das ganze Bauwerk diejenigen Bedingungen erfülle, denen es fein Entftehen verdankt, damit feine Benutzung in möglichft weitgehender, einfacher und bequemer Weife gefchehen könne, müffen die einzelnen Bauteile in fachgemäfser und zweckmäfsiger Weife aneinander gefügt werden. Den Hauptteil diefer Aufgaben hat die **richtige Konftruktion** zu erfüllen, und das wefentlichfte Ziel des III. Teiles unferes »Handbuches« ift hiermit gekennzeichnet.

Bereits in der allgemeinen Einleitung zum vorliegenden Werke [1]) wurde die Stellung und Bedeutung der Konftruktionslehre im Gefamtgebiete der Architektur charakterifiert; auch wurde an jener Stelle die Loslöfung des Ingenieurwefens vom Hochbauwefen erklärt und gedeutet. Gerade auf dem Gebiete der Konftruktion find die Berührungspunkte zwifchen Architekt und Ingenieur die innigften und zahlreichften. Grofse Decken-, Dach- und Hallenkonftruktionen werden bald vom Architekten, bald vom Ingenieur entworfen, und bei noch manchen anderen Entwürfen und Ausführungen des Hochbauwefens wird die Mitwirkung des Ingenieurs angeftrebt. Diefer Zufammenhang des gefamten baulichen Schaffens hat auch urfprünglich im »Handbuch der Architektur« durch die Vereinigung dreier Architekten mit einem Ingenieur als Herausgebern Ausdruck gefunden.

Bei der Gruppierung des in der Konftruktionslehre zu bewältigenden Stoffes mufsten wir wefentlich neue, von den feither üblichen abweichende Bahnen einfchlagen. Wir ftimmen allerdings mit anderen darin überein, »dafs der gefamte Stoff eine ftreng fyftematifche Behandlung erfordere«; allein wir vermögen in der veralteten Trennung der ver-

[1]) Siehe: Teil I, Band 1, erfte Hälfte, S. 10 u. 11.

fchiedenen Konftruktionen nach dem Material (Stein, Holz und Eifen) eine folche fyftematifche Behandlung nicht zu erblicken. Es will uns nicht als organifcher Aufbau der vorliegenden grofsen Materie erfcheinen, wenn fo wichtige Bauteile, wie Wände, Decken, Dächer, Fenfter, Thüren, Treppen etc., welche doch immer einem beftimmten und gleich bleibenden Zwecke zu dienen haben, an zwei, drei und noch mehreren, voneinander ganz getrennten Stellen eines Buches befprochen werden, und zwar nur deshalb, weil der Bauftoff in dem einen Falle ein anderer ift, wie im zweiten — ganz abgefehen davon, dafs gewiffe Themata (wie z. B. die Fundamente etc.) fich nur ganz künftlich in ein folches Syftem einzwängen laffen — oder, weil dies ungeachtet alles Zwängens nicht ftatthaft ift, gewiffe Konftruktionen in einen befonderen Abfchnitt, der aufserhalb des Rahmens jenes Syftems liegt, verfchoben werden müffen.

In gleicher Weife konnten wir uns auch nicht zu der gleichfalls hie und da beliebten Gruppierung der Hochbaukonftruktionen nach den verfchiedenen Gewerken entfchliefsen. Selbft wenn wir keinen Wert darauf legen wollten, dafs in den verfchiedenen Ländern die Trennung der einzelnen Baugewerke voneinander eine keineswegs gleiche ift, fo dünkt uns auch diefes »Syftem« als ein wenig glückliches; denn es führt ebenfo zu unorganifchen Zerftückelungen eng verwandter Materien, wie das erftgedachte. Weil die »Treppe« in dem einen Gebäude vom Zimmermann, in dem anderen vom Steinhauer und Maurer, in einem dritten vom Schloffer oder gar von einer Mafchinenbauanftalt ausgeführt wird, wird die Befprechung diefes Gebäudeteiles, der in feinem eigenften Wefen immer derfelbe ift, vollftändig zerriffen und an drei oder gar vier Stellen des Buches verteilt. —

Abweichend von dem feitherigen Verfahren, glaubten wir als den bei der Gruppierung des Stoffes mafsgebenden Faktor »die Konftruktion als folche« erachten zu follen. Deshalb beginnen wir mit der Betrachtung der einfachften Konftruktionen, welche bei den verfchiedenartigen fteinernen, hölzernen und eifernen Gebäudeteilen vorzukommen pflegen; wir fchaffen damit eine Grundlage für die verwickelteren Anlagen und vermeiden dadurch Wiederholungen. Hierauf folgt, als gleichfalls allgemeiner Natur und bei keinem Bauwerk fehlend, die Befchreibung der Fundamente, der fich alsdann die Befprechung jener Konftruktionen anfchliefst, welche die durch Errichtung des Gebäudes zu fchaffenden Räume nach der Seite, nach oben, bezw. unten begrenzen oder umfchliefsen. Indes find die fo gefchaffenen Räume nur in den allerfeltenften Fällen benutzbar; damit diefelben dem beabfichtigten Zwecke dienen können, müffen den raumbegrenzenden Konftruktionen oder dem fog. Rohbau Anlagen und Einrichtungen hinzugefügt werden, die man in der Regel als inneren Ausbau bezeichnet. Aeufserft mannigfaltig find die demfelben angehörigen Konftruktionen, je nach der Beftimmung des Gebäudes, je nach den Anfprüchen an Bequemlichkeit, Salubrität und Zierlichkeit.

Mit diefer Abteilung fchliefst die Reihe jener Konftruktionen, die faft bei jedem Gebäude vorkommen, und es erübrigt noch die Betrachtung jener Anlagen, die nur gewiffen Bauwerken eigentümlich find, die bald zur Raumumfchliefsung dienen, bald einen Teil des inneren Ausbaues bilden. So ergab fich die Scheidung der Lehre von den »Hochbaukonftruktionen« in die fünf Abteilungen:

Konftruktionselemente.
Fundamente.
Raumbegrenzende Konftruktionen.
Konftruktionen des inneren Ausbaues.
Verfchiedene bauliche Anlagen.

Die Bauformenlehre erfcheint als eine fo umfaffende und dabei fo wichtige Lehre, dafs fie, wie auch von anderen angenommen wird, nicht nebenbei behandelt werden darf. Deshalb ift die Lehre von den Bauformen von der Lehre von den Baukonftruktionen getrennt, erftere indes vorausgefchickt worden. Deffenungeachtet erfchien es unthunlich, die formale Geftaltung der einzelnen Bauteile und Bauglieder aus der Baukonftruktionslehre

ganz fortzulaſſen. Ueben doch Bauſtoff und Konſtruktion einen ſo weſentlichen Einfluſs auf die Art und Behandlung der Kunſtform eines Bauobjektes und ſeiner einzelnen Glieder aus; haben ſich doch gerade aus jenen beiden Elementen ſo charakteriſtiſche Formenbehandlungen entwickelt, daſs es geradezu als eine Lücke empfunden werden müſste, wenn an den betreffenden Stellen dieſes »Handbuches« der ſtruktiven Geſtaltung nicht auch einige kennzeichnende Worte über formale Ausbildung beigefügt würden.

Den gedachten fünf Abteilungen der Lehre von den Hochbaukonſtruktionen, welche 6 Bände umfaſſen wird, ſollte ſich urſprünglich noch ein Anhang anſchlieſsen, worin die Bauführung behandelt werden ſollte. In einem das Geſamtgebiet der Architektur umfaſſenden Werke darf dieſer Gegenſtand nicht fehlen. Im Laufe der Herausgabe des vorliegenden Werkes ſtellte es ſich indes als zweckmäſsig heraus, dieſen Gegenſtand dem I. Teile (Allgemeine Hochbaukunde) einzureihen, und zwar als IV. Abteilung (Band 5) desſelben. Wir haben dieſem Bande auch die Betrachtung der bei der Ausführung von Hochbauten erforderlichen maſchinellen Einrichtungen einverleibt, und wir möchten an dieſer Stelle ein für allemal bezüglich ſolcher mechaniſcher Anlagen auf den eben bezeichneten Band verwieſen haben.

Litteratur.

Geſamtwerke über »Hochbaukonſtruktionen«.

GILLY, D. Handbuch der Land-Bau-Kunſt etc. 1. u. 2. Band. Braunſchweig 1797—98. (6. Aufl. von F. TRIEST 1831—36.) — 3. Band (in 2 Abt.) von D. G. FRIDERICI. Leipzig u. Halle 1811. (Neue Ausgabe 1836.)

RONDELET, J. *Traité théorétique et pratique de l'art de bâtir.* Paris 1802—17. (11. Aufl. 1854.) — Deutſch von C. H. DISTELBARTH & J. HESS. Leipzig u. Darmſtadt 1833—36.

BRUYÈRE, L. *Études relatives à l'art des conſtructions.* Paris 1822—29.

BORGNIS, J. A. *Traité élémentaire de conſtruction appliqué à l'architecture civile.* Paris 1823.

DOULIOT, J. P. *Cours élémentaire, théorétique et pratique de conſtruction.* Paris 1826—28. (2. Aufl. von ÇLAUDEL. 1862.)

WEISS V. SCHLEUSSENBURG, F. Lehrbuch der Baukunſt etc. Wien 1830. (Neue Aufl. 1861.)

WOLFRAM, J. L. F. Lehrbuch der geſammten Baukunſt. Stuttgart 1833—42.

BREYMANN, G. A. Allgemeine Bau-Conſtructions-Lehre, mit beſonderer Beziehung auf das Hochbauweſen. Stuttgart.
1. Theil: Conſtructionen in Stein. 1849. (6. Aufl. von O. WARTH. 1896.)
2. Theil: Conſtructionen in Holz. 1851. (5. Aufl. von H. LANG. 1884.)
3. Theil: Conſtructionen in Metall (Eiſen-Conſtructionen). 1854. (5. Aufl. von O. KÖNIGER. 1890.)
4. Theil: Schluſs des Werkes. Fortgeſetzt und beendet von H. LANG. 1863. (2. Aufl.: Verſchiedene Conſtructionen. Von A. SCHOLZ. 1881.)

LINKE, G. Vorträge über Bauconſtructionslehre am Kgl. Gewerbe-Inſtitute und an der Kgl. allgemeinen Bauſchule. Berlin 1850.

RINGHOFFER, E. Lehre vom Hochbau. Brünn 1862. (2. Aufl. 1878.)

SCHEFFERS, A. Handbuch des bürgerlichen und ländlichen Hochbauweſens. Mit beſonderer Berückſichtigung der Bau-Conſtructionslehre. Leipzig 1865.

ASHPITEL, A. *Treatiſe on architecture; including the arts of conſtruction, building, ſtone-maſonry, arch, roof, joinery, carpentry, and ſtrength of materials.* Edinburg 1867.

RAMÉE, D. *L'architecture et la conſtruction pratiques etc.* Paris 1868. — Deutſch von E. O. TAFEL. Stuttgart 1870.

TARN, E. W. *The ſcience of building etc.* London 1870. (2. Aufl. 1884.)

MIGNARD, B. R. *Le guide des conſtructeurs ou traité complet des connaiſſances théorétiques et pratiques relatives aux conſtructions.* Paris 1870. (5. Aufl. von BUISSET & DENFER. 1880.)

DAVIDSON, E. A. *The elements of building conſtruction and architectural drawing.* London 1869.

UHLAND's technifche Bibliothek. 8. Bd.: Die Bauconftructionslehre. Von O. HUCK. Leipzig 1870.
WANDERLEY, G. Handbuch der Bau-Conftructionslehre. 2 Bände. Halle 1872—73. (3. Aufl. 1895.)
BURN, R. S. *Building conftruction.* London 1873—76.
FRAUENHOLZ, W. Bau-Conftructions-Lehre für Ingenieure. München 1876.
VOS, N. DE. *Cours de conftruction donné de 1864 à 1874 à la fection du génie de l'école d'application de Belgique.* Paris 1876.
SCHMIDT, O. Handbuch, enthaltend einen Abrifs des Hochbaues mit befonderer Berückfichtigung der Feuerungs-Anlagen. Leipzig 1880.
GOTTGETREU, R. Lehrbuch der Hochbau-Conftructionen. Berlin 1880—89. (Bd. 1. 2. Aufl. Von H. KOCH. 1899.)
LANGE, W. Katechismus der Baukonftruktionslehre. Leipzig 1881.
MICHEL, J. Theoretifch-praktifches Compendium des Hochbaues. Wien 1881.
GUGITZ, G. Neue und neuefte Wiener Bauconftructionen aus dem Gebiete der Maurer-, Steinmetz-, Zimmermanns-, Tifchler-, Schloffer-, Spengler- u. f. w. Arbeiten. Wien 1881.
ENGEL, F. Die Bauausführung. Berlin 1881. (2. Ausg. 1885.)
REDTENBACHER, R. Die Architektonik der modernen Baukunft. Berlin 1883.
SCHMIDT, O. Praktifche Baukonftruktionslehre. Jena. Nur Bd. 1 u. 2 (1885 u. 1887) erfchienen.
FRIEDEL, J. Leitfaden für den Unterricht in der Bau-Constructionslehre etc. Wien 1900.
SCHMIDT, R. Die Hochbaukonftruktionen etc. Zerbft. Erfcheint feit 1896.

Grundfätze für die Konftruktion.

Jedes Bauwerk, fowie jeder Beftandteil desfelben müffen, wenn fie richtig konftruiert fein follen, gewiffen Grundfätzen entfprechen, welche fich in folgenden Punkten zufammenfaffen laffen.

1.

1. Zweckmäfsigkeit.

Die Konftruktion mufs dem beabfichtigten Zwecke in thunlichft vollkommener Weife entfprechen.

Zu einer zweckmäfsigen Konftruktion gehört vor allem, dafs der betreffende Bauteil, bezw. das Bauwerk die feiner Beftimmung angemeffenen Abmeffungen habe, fowie dafs feine Benutzung in möglichft vollkommener, dabei aber auch in genügend einfacher und bequemer Weife gefchehen könne.

Damit ein Bauteil zweckmäfsig konftruiert fei, ift aber auch erforderlich, dafs er fich genügend leicht und einfach herftellen laffe.

2.

2. Feftigkeit.

Die Konftruktion mufs genügend feft fein, d. h. die einzelnen Teile eines Bauwerkes an und für fich, fowie auch in ihrer Zufammenfügung zu einem Ganzen müffen für die gröfsten vorkommenden Beanfpruchungen die erforderliche Sicherheit gegen Einftürzen aufweifen.

Damit ein Bauwerk die gewünfchte Stabilität befitze, mufs es allen ftatifchen Anforderungen Genüge leiften, dabei aber einen möglichft geringen Materialaufwand erheifchen. Bei den ftatifchen Ermittelungen werden in erfter Reihe die lotrechten Belaftungen in Rechnung zu ziehen fein; doch find auch feitliche Beanfpruchungen, durch Erddruck etc., insbefondere aber durch Wind in geeigneter Weife in Rechnung zu ziehen.

Hat das Bauwerk nicht blofs ruhende, fondern auch bewegte Laften aufzunehmen, fo kommt die weitere Bedingung hinzu, dafs beim Einwirken folcher Kräfte das Bauwerk thunlichft geringe Schwankungen zeige.

Ift ein Bauwerk im oder am Waffer zu errichten, fo mufs die Bedingung der genügenden Feftigkeit auch in dem Sinne erfüllt fein, dafs dem nachteiligen Einflufs des Waffers, insbefondere des fliefsenden und des wellenfchlagenden, von vornherein begegnet fei.

3.

Die Konftruktion des Bauwerkes, bezw. feiner einzelnen Teile mufs fo gewählt fein, dafs eine genügende Dauer derfelben gefichert ift. 3. Dauerhaftigkeit.

Die Anfprüche in Bezug auf Dauerhaftigkeit find fehr verfchieden. Sie find am geringften bei Bauten für vorübergehende Zwecke (Eintagsbauten), am gröfsten dagegen bei Bauwerken, denen ein monumentaler Charakter zu verleihen ift.

Hiernach wird in erfter Reihe der Bauftoff zu wählen fein; hiernach find aber auch jene Vorkehrungen zu treffen und einzurichten, die einerfeits zum dauernden Schutze gegen den Einflufs der Atmofphärilien, des Waffers etc. notwendig find, andererfeits diejenigen, welche der durch die Benutzung des Gebäudes bedingten allmählichen Zerftörung entfprechenden Widerftand entgegenfetzen.

4.

Die Konftruktion mufs den Anforderungen in Bezug auf die Gefundheit der Menfchen und Tiere, die darin wohnen oder aus anderweitigem Grunde einen längeren oder kürzeren Aufenthalt darin nehmen, entfprechen. 4. Gefundheitliche Anforderungen.

Wichtig und zugleich äufserft mannigfaltig find die gefundheitlichen (fanitären oder hygienifchen) Anfprüche, die an viele unferer Hochbauten geftellt werden; mit Recht wird der fog. Gefundheitstechnik oder Bauhygiene in neuerer Zeit erhöhte Aufmerkfamkeit zugewendet. England, zum Teile auch Nordamerika, find uns Deutfchen hierin vorangegangen, und felbft heute noch ftehen manche gefundheitstechnifche Anlagen jener beiden Länder unübertroffen da.

Wenn auch bei keinem Teile eines Bauwerkes die gefundheitlichen Anforderungen aufser acht gelaffen werden follen, fo gibt es doch unter den im folgenden vorzuführenden Konftruktionen eine befondere Gruppe, die in hervorragender Weife zu den fog. gefundheitstechnifchen Anlagen gehören; es find dies die »Anlagen zur Verforgung der Gebäude mit Licht und Luft, Wärme und Waffer« (fiehe Band 4), fowie die »Entwäfferungs- und Reinigungsanlagen« (fiehe Band 5).

5.

Die Konftruktion mufs die Anforderungen der Feuerficherheit in ausreichender Weife berückfichtigen. 5. Feuerficherheit.

Diefe Anforderungen find am weitgehendften bei folchen Gebäuden, die von aufsen, infolge ihrer Umgebung etc., der Feuersgefahr leicht ausgefetzt find; ferner bei folchen, in denen grofse Mengen feuergefährlicher Stoffe aufbewahrt und verarbeitet oder feuergefährliche Handhabungen etc. vorgenommen werden; endlich bei denjenigen, die zur Aufftellung und Aufbewahrung befonders koftbarer und wertvoller Gegenftände dienen [2]).

[2]) Siehe auch das Kapitel über »Sicherung gegen Feuer« im Schlufsbande (6) diefes Teiles.

6.

6. Aefthetifche Anforderungen.

Die Konftruktion mufs den Anfprüchen in Bezug auf formale Durchbildung des betreffenden Bauteiles in ausreichender Weife Rechnung tragen.

Auch hierin find die Anforderungen fehr mannigfaltig. Sie find am geringften bei einfachen Nützlichkeitsbauten, bei denen die reine Konftruktions- oder Nutzform zur Anfchauung gebracht wird. Die weitgehendfte Rückficht dagegen wird auf die architektonische Formgebung zu nehmen fein bei Bauwerken, die rein ideellen Zwecken zu dienen haben, bei monumentalen Gebäuden und Denkmälern.

Gerade der hier in Rede ftehende Grundfatz mufste beftimmend fein, dafs, wie fchon in den einleitenden Vorbemerkungen (S. 2) gefagt worden ift, bei der Befprechung der »Hochbaukonftruktionen« die formale Geftaltung nicht ganz unberückfichtigt bleiben konnte.

7.

7. Oekonomie

Die Konftruktion foll eine ökonomifche, die Herftellungs- und Unterhaltungskoften des betreffenden Bauteiles, bezw. Bauwerkes follen thunlichft geringe fein.

Zweck und Dauer des betreffenden Bauteiles einerfeits, die verfügbaren Geldmittel andererfeits werden in diefer Beziehung ausfchlaggebend fein.

Handbuch der Architektur.

III. Teil:

DIE HOCHBAUKONSTRUKTIONEN.

ERSTE ABTEILUNG.

KONSTRUKTIONS-ELEMENTE.

III. Teil, 1. Abteilung:

KONSTRUKTIONSELEMENTE.

1. Abschnitt.

Konstruktionselemente in Stein.

Von Erwin Marx.

1. Kapitel.

Steinkonstruktionen im allgemeinen.

Die Hauptmasse der meisten Bauwerke besteht aus Steinen oder steinähnlichen Stoffen. Es gehören diese daher zu den allerwichtigsten Baustoffen, und es werden dieselben überall da verwendet, wo es sich um Herstellung von möglichst dauerhaften, allen äusseren Einflüssen am längsten Widerstand leisten sollenden Bauten handelt. Von den Bauwerken der alten Völker sind uns fast nur aus Stein errichtete erhalten geblieben; in keinem anderen Baustoff lässt sich ein so hoher Grad von Monumentalität erzielen; die meisten Architektursysteme beruhen auf der Verwendung von Stein oder steinähnlichen Massen.

8. Verschiedenheit nach dem Material.

Die Natur bietet nicht überall Felsarten, aus denen Bausteine gewonnen werden können; man war daher von den frühesten Zeiten an in vielen Gegenden darauf angewiesen, aus anderen, dem Mineralreiche entnommenen Stoffen auf künstlichem Wege steinähnliche Massen zu erzeugen.

Es kann dies auf zweierlei Weise geschehen: entweder indem man geeignete Erden oder andere lose Massen zu regelmäsigen Stücken formt, diese auf irgend eine Weise festigt und sie dann wie natürliche Steine zu Bauteilen zusammensetzt, oder indem man dieselben Stoffe unmittelbar zur Herstellung grösserer Baukörper durch Giessen oder Stampfen verwendet. Es mag sogar diese künstliche Erzeugung von steinähnlichen Massen dem Bauen mit den Felsen abgewonnenen Steinen der Zeit nach vorangegangen sein, da das letztere jedenfalls schwieriger ist, die Kenntnis besserer Werkzeuge voraussetzt und vielfach die Bewegung grösserer Einzellasten in sich schliesst.

Auf alle Fälle werden daher bei einer Besprechung der Steinkonstruktionen im allgemeinen nicht bloss die Konstruktionen aus einzelnen Stücken, sondern zugleich auch diejenigen Konstruktionen Erwähnung finden müssen, bei welchen aus ursprünglich weichen Massen durch allmähliche Erhärtung steinähnliche Baukörper in grösserer Ausdehnung sich ergeben und die man gewöhnlich als Guss- und Stampfmauerwerke bezeichnet. Bei den Steinkonstruktionen sind also dem Material nach zu unterscheiden:

a) Konftruktionen aus natürlichen Steinen, und zwar aus folchen,

α) die nach einer beftimmten Form genau bearbeitet und von gröfseren Abmeffungen find (Quader, Haufteine, Schnittfteine, Werkfteine, Werkftücke),

β) die regelmäfsig bearbeitet, aber von kleineren Abmeffungen, wenig oder gar nicht bearbeitet find (Bruchfteine);

b) Konftruktionen aus künftlichen Steinen;

c) Konftruktionen aus Gufs- oder Stampfmaffen, und

d) gemifchte Konftruktionen, bei denen die Konftruktionen unter a, b und c in den verfchiedenen möglichen Zufammenftellungen zur Ausführung von einem und demfelben Bauteil Verwendung finden.

9. Einflufs des Steinmaterials.

Will man zweckmäfsig bauen, fo mufs man die Eigenfchaften des Bauftoffes berückfichtigen. Es kommt hierbei namentlich der Widerftand gegen die möglichen Beanfpruchungen in Betracht. Die Steine leiften gegen Druck einen bedeutenden Widerftand, während ihre Feftigkeit gegen Zug und Biegung, fowie ihre Elaftizität eine verhältnismäfsig viel geringere ift. Es müffen demnach die Steinkonftruktionen namentlich auf Verwertung der Druckfeftigkeit abzielen. Dadurch wird einerfeits die Art ihrer Lagerung im Bau bedingt, andererfeits ihre Verwendungsfähigkeit und Verbindungsweife befchränkt.

Die oftmals bedeutende Härte des Steines, die Sprödigkeit und die geringe Feftigkeit desfelben gegen Zug und Biegung geftatten nicht oder nur ausnahmsweife Verbindungsarten, wie fie für die Holzkonftruktionen kennzeichnend find, als z. B. Zapfen, Verzahnungen etc. Die verhältnismäfsige Kürze, in der die meiften Steinftücke nur erlangt werden können, ebenfo wie die geringe Elaftizität und Biegungsfeftigkeit erlauben es nicht, Steine zu Balken in der Ausdehnung, wie Holz und Eifen zu verwenden. Die Steinbalkendecken der Aegypter, Syrer und Griechen wird man für heutige Verhältniffe nicht mehr brauchbar finden, obgleich andererfeits ähnliche Verwendungsweifen, wie zur Herftellung von Treppen, wagrechten Ueberdeckung von Oeffnungen etc. gar nicht zu umgehen und unter Beobachtung der nötigen Vorfichtsmafsregeln auch zweckmäfsig find.

Wenn auch infolge diefer befchränkteren Verwendungsfähigkeit der Stein gegen Holz und Eifen im Nachteil ift, fo bietet doch die fachgemäfse Ausnutzung der Druckfeftigkeit in den Gewölben ein Mittel, Aehnliches wie mit jenen zu erreichen und fehr grofse Weiten mit Steinkonftruktionen zu überfpannen, die den Holz- und Eifenkonftruktionen durch ihre gröfsere Dauer, bedingt durch die gröfsere Feuer- und Witterungsbeftändigkeit, entfchieden voranftehen.

Das gröfsere Gewicht bei einer durch das Material bedingten gewiffen Dicke gibt von Haus aus den reinen Steinkonftruktionen eine gröfsere Stabilität, als den Konftruktionen von Holz, ebenfo denen gegenüber, die aus Eifen hergeftellt werden, das zwar viel fchwerer ift, aber feiner grofsen Feftigkeit wegen in möglichft geringen Stärken verwendet werden mufs. Es ergibt fich hieraus die im allgemeinen weit gröfsere Einfachheit der Konftruktionen von Stein gegenüber denen von Holz oder Eifen, deren Stabilität durch Einführung zufammengefetzterer Verbände und Verbindungen, wie fie die Natur diefer Stoffe geftattet, erreicht werden mufs. In der vereinigten Ausnutzung der günftigften Eigenfchaften diefer drei Stoffe beruht u. a. die Anwendung der Holz- und Eifenfachwerke, bei denen die Felder des aus Holz, bezw. Eifen hergeftellten Gerippes mit Mauerwerk ausgefüllt werden.

10. Verwendung der Mörtel.

Eine Vorausfetzung zu letzterer Verwendungsweife und überhaupt ein grofser Vorteil für die Verwendbarkeit des Steinmateriales ift der Umftand, dafs gewiffe Stoffe, namentlich die Mörtel, zur Verfügung ftehen, die in weit ausgedehnterer

Weife, als dies bei Holz und Eifen der Fall ift, eine Verkittung einzelner Steinftücke zu mehr oder weniger monolithen Maffen geftatten und welche felbft mit der Zeit zu fteinähnlichen Maffen erhärten. Wenn nun auch die Feftigkeit diefer Verbindungen der Steine durch die Mörtel oder andere hierher gehörige Bindemittel nicht in allen Fällen fehr bedeutend ift, wenigftens für die Zeit kurz nach der Herftellung, fo beruhen die Vorteile derfelben doch nicht blofs in der Verkittung, fondern auch noch in anderem, was in Kap. 3 (unter a) zu erörtern fein wird, und es ift infolgedeffen die Verwendung der Bindemittel bei allen neueren Steinkonftruktionen eine fo allgemeine und ausgedehnte, dafs folche im Hochbau nur felten ganz ohne diefelben ausgeführt werden. In Beziehung auf die Verwendung der Mörtel bei Steinkonftruktionen kann man diefelben daher einteilen:

a) in folche ohne Mörtel;

b) in folche mit Mörtel, und

c) in folche, die fehr viel Mörtel enthalten oder ganz aus Mörtel beftehen.

Die Konftruktionen unter a nennt man wohl Trockenmauerwerke, wenn Mauerkörper auf diefe Weife hergeftellt werden. Es find hierher aber noch eine Anzahl anderer Konftruktionen (ein Teil der Steintreppen, Dachdeckungen) einzureihen.

Die Konftruktionen unter b bezeichnet man gewöhnlich als Mörtelmauerwerk, wohl auch fchlechtweg nur als Mauerwerk, die unter c als Gufs- und Stampfwerk (hauptfächlich kommt hier der Beton in Betracht), wie in Art. 8 angeführt wurde.

Die beiden letzteren Konftruktionsweifen bieten namentlich die Mittel zur Begrenzung von Räumen und Stützung von Laften. Die Hauptformen diefer Verwendungen find Mauern und Pfeiler, fowie die Gewölbe. 11. Anwendung.

Die mannigfaltigen Formen, in denen die Steine gewonnen, zugerichtet und künftlich hergeftellt werden können, geben aber noch zu den verfchiedenften anderweitigen Benutzungen derfelben Veranlaffung, namentlich zu Fufsboden- und Deckenbildungen. Es find hierbei anzuführen: Plattenbeläge, Pflafterungen, Mofaik etc.; Ueberdeckungen von Oeffnungen mit Steinbalken und von Balkenfächern mit Platten; die verfchiedenen fteinernen Dachdeckungen, Wandbehänge und Wandtäfelungen. Die Konftruktionen der Steintreppen nehmen, wie in räumlicher Beziehung, fo auch in konftruktiver eine vermittelnde Stellung zwifchen Fufsboden- und Deckenbildungen ein.

Bei den Mauerwerken treten die Steine am maffenhafteften und felbftändigften auf; fie verdienen daher fchon bei einer allgemeinen Befprechung der Steinkonftruktionen befondere Berückfichtigung. Es laffen fich für fie beftimmte Regeln entwickeln, die zum Teile auch für andere Konftruktionen von Stein Gültigkeit haben. 12. Bedingungen für die Herftellung.

Wie fchon erwähnt, ift eine fehr wichtige Eigenfchaft der Mörtel die, dafs mit ihnen Steinftücke zufammengekittet werden können. Namentlich kommt diefelbe für Mauerwerke aus kleinen Stücken in Betracht. Diefe Verbindung der Steine wird aber erft allmählich, mit zunehmender Erhärtung der Mörtel, feft, und im Anfang find die durch Mörtel verbundenen Steine oft leicht verfchiebbar, ja mitunter noch leichter beweglich, als ohne denfelben, da durch diefe weiche, halbflüffige Zwifchenlage die Reibung zwifchen den Steinen vermindert werden kann. Würde man immer einen plötzlich erhärtenden Mörtel verwenden und würden die Mörtel ftets fo feft, wie das Steinmaterial, fo hätte man es fchon von vornherein oder wenigftens nach einiger Zeit mit monolithen Steinmaffen zu thun, in denen die Steine unverrückbar

liegen würden, was der Endzweck der Konftruktion ift. Es wäre dann ganz gleichgültig, wie und in welcher Form die Steine neben- und übereinander gelagert find [3]). So rafch und nachhaltig erhärtende Mörtel gibt es nun allerdings; man verwendet fie aber aus anderen, hier nicht zu erörternden Rückfichten nur felten. Zur Erzielung möglichfter Feftigkeit, d. h. hier alfo möglichfter Unverrückbarkeit der einzelnen Steine eines Mauerwerkes, gehören demnach noch andere Mittel, als blofse Verbindung durch den Mörtel, nämlich Rückfichtnahme auf Form und Zueinanderordnung der einzelnen Steine. Ja, bei Feftftellung der Regeln, nach denen Form und Aneinanderreihung der Steine im Mauerwerk zu beftimmen find, fpielt der Mörtel gar keine Rolle und kann dabei unberückfichtigt bleiben, weil er in feiner erft weichen Befchaffenheit fich der Geftalt der Steine anfchmiegt, weil er ferner anfangs keine eigene Feftigkeit befitzt und weil endlich auch Mauerkörper ohne Mörtel herzuftellen find.

13. Lage der Fugenflächen.

Die Flächen, in denen fich die Steine im Mauerwerk berühren, heifsen Fugenflächen, die Durchdringungen diefer Fugenflächen mit zur Anficht kommenden Flächen des Mauerwerkes Fugenlinien oder kurzweg Fugen.

Kräfte, die auf ein Mauerwerk wirken, werden in den Fugenflächen von einem Steine auf den benachbarten übertragen; man kann eine folche Kraft als Fugenkraft bezeichnen, und da hier meift nur Drücke zur Wirkung gelangen, insbefondere als Fugendruck. Verfchiebungen durch den Fugendruck fteht nur die Reibung in den Fugenflächen entgegen, da wir von einer Verkittung durch Mörtel hier abfehen. Wäre auch keine Reibung vorhanden, fo müfste die Fugenfläche fenkrecht zur Richtung des Fugendruckes liegen, wenn ein Gleiten vermieden werden foll. Abweichungen von diefer Lage der Fugenflächen find daher in ihrer Gröfse von der vorhandenen Reibung abhängig zu machen. Der Reibungskoeffizient zwifchen Stein auf Stein ist 0,6 bis 0,7, der Reibungswinkel 31 bis 35 Grad. Unterfchiede zwifchen der Richtung des Fugendruckes und der Senkrechten zur Fugenfläche dürfen daher diefes Mafs nicht überfteigen. Nimmt man doppelte Sicherheit an, fo verringert fich diefer Winkel auf 17 bis 19 Grad. Da die Reibung auch durch Erfchütterungen, durch Waffer und fonftige äufsere Einflüffe vermindert werden kann, fo ift im allgemeinen als theoretifch zweckmäfsigfte Lage der Fugenfläche diejenige fenkrecht zur Richtung des Fugendruckes anzufehen. Abweichungen von diefer Richtung, foweit es die Reibung geftattet, werden nur durch andere Rückfichten gerechtfertigt werden können.

Die Richtung des Fugendruckes in einem Mauerwerk wechfelt häufig, z. B. bei einem Gewölbe; es werden demnach auch die Richtungen der Fugenflächen in einem folchen Falle wechfeln müffen. Man erhält infolgedeffen nicht parallele, fondern konvergierende Schichten des Mauerwerkes. Beruht nun darauf auch z. B. die Haltbarkeit der Gewölbe, und wird man fich bei diefen der fchwierigeren und koftfpieligeren Mauerung und Herftellung paffender Steine nicht entziehen können, fo wird man andererfeits in vielen Fällen, namentlich wo es fich um lotrechte Mauerkörper handelt, von der ftrengen Durchführung des vorher erörterten Grundfatzes abzuweichen wünfchen müffen, um Erleichterung der Arbeit und Verminderung der Koften zu erzielen. Man wird deswegen häufig eine parallele

---

[3]) Der Beton ift ein in diefem Sinne bereitetes Konftruktionsmaterial; nur auf der Bindung durch den Mörtel beruht feine Feftigkeit und Kohäfion, an die man daher nicht höhere Anfprüche ftellen darf, als fie der betreffende Mörtel zu leiften vermag.

Schichtung des Mauerwerkes, fenkrecht zu einer mittleren Druckrichtung, vorziehen, weil dann die Steine von parallelen Flächen begrenzt werden können, was die Ausführung erleichtert.

Auch im Hochbau kommt es öfters bei lotrechten Mauerkörpern vor, dafs die mittlere Druckrichtung in denfelben nicht lotrecht ift, fondern fchief im Raume (bei Widerlagsmauern von Gewölben, Strebepfeilern, Futter- und Stützmauern etc.). Infolge der parallelen Schichtung — bei Einführung einer mittleren Druckrichtung — und weil die Mauern in den meiften Fällen lotrechte Begrenzungsebenen erhalten müffen, ergeben fich an diefen fpitzwinkelige Kanten der Steine, die fachliche Bedenken gegen fich haben. Spitzwinkelige Kanten werden leichter abgedrückt; auch werden fie leichter durch die Verwitterung zerftört, als rechtwinkelige oder gar ftumpfwinkelige. Die rechtwinkeligen Kanten kann man aber im vorliegenden Falle nur durch wagrechte Schichtung des Mauerwerkes erzielen, welche auch die im Hochbauwefen am meiften angewendete ift. Das, was man hierbei an Feftigkeit der Konftruktion infolge gröfserer Abweichungen von der theoretifch richtigen Lage der Fugenflächen fenkrecht zur Druckrichtung einbüfst, mufs durch gröfsere Stärke der Mauer erfetzt werden. Wie man die fpitzen Winkel wenigftens an einer Seite der Mauern vermeiden kann, wird fpäter zu erörtern fein[4]).

Die aus den vorher angegebenen praktifchen Rückfichten auf die Art des Steinmateriales wünfchenswerte parallelepipedifche Geftaltung der Steine einer Mauer ift auch diejenige, die fich am leichteften, einfachften und billigften ausführen läfst. Bei den zumeift im Hochbauwefen zur Verwendung kommenden natürlichen Steinarten, den Sedimentärgefteinen, entfpricht fie auch gewöhnlich der natürlichen Schichtung und Zerklüftung, fowie der Gewinnungsweife in den Steinbrüchen, während fie bei den künftlichen Steinen die für die Fabrikation bequemfte ift.

Die Benennung der Fugenflächen ift je nach ihrer Lage zur Druckrichtung im Mauerwerk eine verfchiedene. In der Regel ift nur ein Hauptdruck vorhanden. Die im allgemeinen zur Richtung diefes Hauptdruckes fenkrecht zu legenden Fugenflächen heifsen Lagerflächen, die parallel zu derfelben liegenden Stofsflächen. Die Durchdringungslinien diefer Steinflächen mit den Begrenzungsflächen des Mauerwerkes heifsen Lagerfugen, bezw. Stofsfugen. Unter den Stofsflächen werden mitunter diejenigen, welche im Aeufseren des Mauerwerkes nicht durch Fugenlinien kenntlich werden, als Zwifchenflächen bezeichnet. Es werden diefelben nur in einem Durchfchnitt fichtbar. Man nennt diefelben wohl auch gedeckte Fugen im Gegenfatz zu den äufserlich fichtbar werdenden offenen Stofsfugen.

14. Fugenflächen und Mauerfchichten.

Der Mauerabfchnitt zwifchen zwei fortlaufenden Lagerflächen heifst Mauerfchicht (Wölbfchicht). Durch die Lagerflächen wird der Hauptdruck von einer Schicht auf die benachbarte übertragen; deshalb hat man den Lagerflächen eine der Natur des Steinmateriales entfprechende Gröfse zu geben. Sie ift mindeftens fo grofs zu machen, dafs auch unter den ungünftigften Verhältniffen der Druck auf die Flächeneinheit die zuläffige Beanfpruchung nicht überfteigt. Bei Verwendung von künftlichen Steinen hat man die Beftimmung diefer Gröfse allerdings nicht in der Hand. Die Druckfeftigkeit der Steine, quadratifche Druckfläche vorausgefetzt, nimmt mit abnehmender Höhe zu; fie nimmt auch noch unter Würfelhöhe

[4]) Siehe: Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. III, Abfchn. 1, A: Wände) diefes »Handbuches«.

zu [5]); daher ift es zweckmäfsig, die Höhe oder Stärke einer Schicht, die der Höhe einer Stofsfläche entfpricht, nicht gröfser als die kleinfte Abmeffung der Lagerfläche eines Steines zu nehmen, fondern eher noch geringer.

Die Länge der Lagerfläche hängt von der Biegungsfeftigkeit des Steinmateriales ab. Es kommt diefe in Frage, weil beim Mauerwerk felten ganz genaue Arbeit vorauszufetzen ift und deshalb einzelne Steine hohl zu liegen kommen können. Die Biegungsfeftigkeit der Steine ift bekanntlich fehr gering und daher die Länge der Lagerflächen und mit diefen die Länge der Steine eine entfprechend befchränkte. Unter Berückfichtigung desfelben Umftandes darf auch die Stofsfläche im Verhältnis zur Lagerfläche nicht zu klein genommen werden. Daraus ergibt fich eine kurze gedrungene Form der Steine als die zweckmäfsigfte, wozu noch der früher befprochene wünfchenswerte Parallelismus der gegenüber liegenden Flächen tritt.

15. Wahl der Lagerflächen.

Wären alle Steinmaterialien von durch und durch gleichartiger Befchaffenheit, fo würden alle Seiten derfelben gleich gut im Stoff geeignet fein, als Druck empfangende Lagerflächen zu dienen. Bei den künftlichen Steinen kann diefe Eigenfchaft vorausgefetzt und auch befchafft werden. Bei den zu Hochbauten zumeift verwendeten natürlichen Steinen, bei den gefchichteten Gefteinen, ift diefe Eigenfchaft infolge der natürlichen Schichtung gewöhnlich aber nicht vorhanden. Es befitzen diefelben fenkrecht zur natürlichen Schichtung gröfsere Druckfeftigkeit, als parallel zu derfelben. Man hat daher zu Lagerflächen die Bruchlagerflächen zu verwenden.

16. Gröfse der Steine.

Die Rückficht auf das innere Gefüge der Steine ift zum Teile auch für die Beftimmung der Gröfse derfelben mafsgebend. Da nach den vorhin angegebenen Gründen die natürliche Schichtung immer fenkrecht zur Druckrichtung gelegt werden follte, fo ift die diefer Richtung entfprechende Abmeffung des Steines, die Höhe oder Dicke desfelben, abhängig von der Stärke der Gebirgsfchichten, von der Mächtigkeit der Bänke in den Steinbrüchen der Bezugsorte. Länge und Breite der Werkftücke aus natürlichem Stein müffen weiter zu ihrer Höhe in einem angemeffenen Verhältnis ftehen, das von der Biegungsfeftigkeit des betreffenden Materiales abhängig ift, wie dies fchon früher ausgeführt wurde. Im allgemeinen kann man wohl fagen, dafs man bei nicht fehr feften Sand- und Kalkfteinen das Doppelte, bei feften Sand- und Kalkfteinen das Dreifache, bei Marmor das Vierfache, bei Granit und entfprechenden Materialien das Fünffache der Höhe zur Länge nehmen kann. Die Breite wird zwifchen der einfachen und doppelten Höhe bemeffen, darf aber nicht geringer, als diefe fein (von Verblendungen mit Platten natürlich abgefehen). — Bei den künftlichen Steinen ift die Gröfse abhängig von der Grenze, bis zu welcher man eine gleichartige und fefte Maffe erzeugen kann.

Aufser von diefen in der Natur der Materialien begründeten Bedingungen für die Gröfsenbeftimmung der Steine ift diefelbe auch noch von der Möglichkeit der Beförderung und von der Art des Verfetzens im Bau abhängig. Beim Verfetzen der Steine mit der Hand müffen die Steine handlich bleiben, dürfen alfo ein gewiffes Gewicht nicht überfchreiten, während fonft das gröfste zuläffige Gewicht von der Leiftungsfähigkeit der zur Verfügung ftehenden Hebemafchinen abhängig ift.

17. Steinverband und Steinverbindung.

Aus der Erfahrung hat fich ergeben, dafs man bei den im Bauwefen bevorzugten, regelmäfsig fpaltenden Steinen am ficherften, bequemften und billigften in

[5]) Siehe: Bauschinger, J. Mitteilungen aus dem mechanifch-technifchen Laboratorium der k. polytechnifchen Schule in München. Heft VI. München 1876. S. 7.

Schichten mit durchgehenden parallelen Lagerflächen mauert, d. h. indem man eine Anzahl gleich hoher Steine in einer Schicht vereinigt. Bei lotrechten Mauern hält man aufserdem noch wagrechte ebene Lagerflächen für zweckmäfsig [6]). Werden bei Verwendung von Mörteln hierbei noch die Mörtelbänder zwifchen den Schichten von durchgehends gleicher Dicke gehalten, fo erzielt man dabei noch ein möglichft gleichmäfsiges Setzen, das innerhalb eines Mauerwerkes hauptfächlich durch das Zufammenpreffen des Mörtels und das Schwinden desfelben verurfacht wird.

Trotz diefer zweckmäfsigen Anordnungen find infolge von auf das Mauerwerk wirkenden Drücken Verfchiebungen einzelner Steine innerhalb desfelben möglich. Soweit dies überhaupt angeht, find diefe Verfchiebungen auf zweierlei Weife zu verhindern:

a) Durch ein zweckmäfsiges Aneinanderreihen oder Verketten der Steine innerhalb einer Schicht und zweckmäfsiges Zueinanderordnen der Stofsfugen einer Schicht zu denen einer folgenden; es ift dies der Steinverband.

b) Durch Hinzuziehen von Hilfsmitteln, die eine Bewegung einzelner Steine in einer Schicht unabhängig von den benachbarten durch Befeftigung der Steine untereinander verhüten follen. Wir wollen die Arten diefer Befeftigungen als Steinverbindungen [7]) bezeichnen. Es können diefelben auf dreierlei Weife hergeftellt werden:

1) durch Verbindung mittels der fog. Bindemittel (Mörtel);

2) durch befondere Formung der Fugenflächen, und

3) durch befondere Hilfsftücke von Stein, Holz und Metall.

Ift nur ein Hauptdruck vorhanden und liegen dabei die Lagerfugen theoretifch richtig, alfo fenkrecht zur Druckrichtung oder innerhalb der zuläffigen Abweichung von derfelben (z. B. bei lotrechten Mauern mit lotrechter Belaftung oder bei richtig konftruierten Gewölben), fo reicht man mit dem Steinverband aus. Ebenfo, wenn noch zuläffige Beanfpruchungen (anders gerichtete Drücke oder Zugfpannungen) hinzutreten und auf diefe im Verband Rückficht genommen wird. In der Regel wird aber die unter b, 1 angeführte Verbindung durch den Mörtel hinzugezogen, und es wird diefe um fo wichtiger, je kleinftückiger, weniger gut bearbeitet oder unregelmäfsiger das Material ift. Es wird diefelbe unentbehrlich, wenn man überflüffige Mauerftärken vermeiden will, bei nicht richtiger Lage der Lagerflächen zur Druckrichtung und wenn mögliche zufällige Beanfpruchungen im Verbande nicht genügend berückfichtigt find. Es werden dann häufig noch die unter b, 2 und b, 3 angeführten Verbindungen angewendet. Die blofse Verwendung der Verbindungen ohne einen Verband kommt bei fachgemäfsen Steinkonftruktionen nicht vor, abgefehen natürlich von den fchon mehrfach erwähnten Konftruktionen, deren Beftand auf der blofsen Verbindung durch Mörtel beruht oder die ganz aus derartigen Bindemitteln beftehen (Gufs- und Stampfmaffen).

Die Verbindungen werden fpäter (in Kap. 3) näher zu erörtern fein; dagegen follen jetzt fchon die allgemeinen Grundfätze für die Steinverbände feftgeftellt werden.

18. Grundfätze für den Steinverband.

Als Aufgabe des Verbandes war das Verhüten von Verfchiebungen einzelner Steine bezeichnet worden. Denken wir uns ein Mauerwerk durch einen einzelnen

---

6) Da bei lotrechten Mauern der Hauptdruck meift ebenfalls lotrecht ift, fo empfiehlt fich, den Auseinanderfetzungen in Art. 13 (S. 13) entfprechend, auch vom theoretifchen Standpunkte aus die wagrechte Lage der Lagerflächen.

7) Entfprechend der Unterfcheidung von Holzverband und Holzverbindung.

Hauptdruck D beanſprucht und die Steine in der in Fig. 1 angegebenen Weiſe angeordnet, alſo mit in lotrechter Richtung durchgehenden Stoſsflächen, ſo wird von der Mauer nur der ſchraffierte Teil durch D in Anſpruch genommen. Es könnten ſich in demſelben die Steine unabhängig von den benachbarten bewegen; an einer Bewegung würden ſie höchſtens durch Reibung in den Stoſsfugenflächen gehemmt.

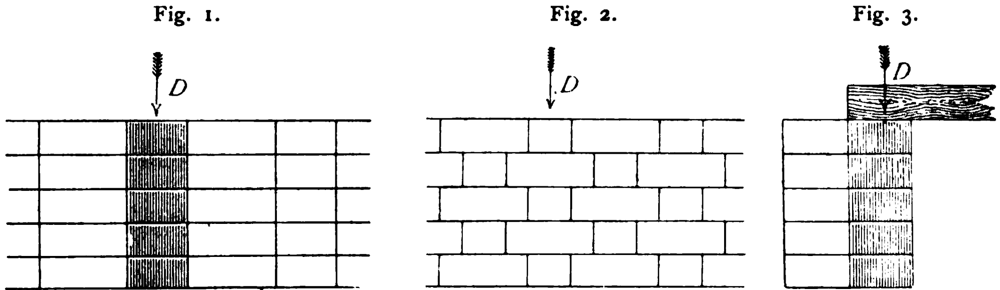


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

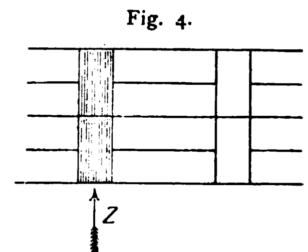
Wir haben keinen Verband. Ordnen wir dagegen die Steine in der in Fig. 2 angenommenen Weiſe an, ſo haben wir einen Verband; denn es können nun durch den Druck D nicht mehr bloſs einzelne, unmittelbar lotrecht übereinander liegende Steine verrückt werden, ſondern an einer etwaigen Verrückung müſste eine ganze Zahl von benachbarten teilnehmen. Es wird hierbei gleichzeitig etwas anderes Wichtiges erreicht: der Einzeldruck D wird auf einen gröſseren Teil der Mauer verteilt, ein einzelner Stein in derſelben viel weniger auf Zerdrücken in Anſpruch genommen.

Einzellaſten kommen bei Hochbauten öfters vor, z. B. bei den einzelnen Balken einer Balkenlage ohne Mauerlatte, bei Tragbalken einer Deckenkonſtruktion, bei Bindern der Dachwerke, bei Säulenſtellungen etc.

Denken wir uns ferner den Fall, daſs ein vereinzelter Hauptdruck nicht in der ganzen Stärke einer Mauer zur Wirkung gelangt, wie in Fig. 3 (Querſchnitt in Richtung der Mauerdicke) angenommen, ſo wird eine Längsſpaltung der Mauer eintreten können, wenn derſelben nicht durch einen Verband in Richtung der Stärke der Mauer vorgebeugt wird.

Zu den Hauptdrücken, mögen ſie nun gleichmäſsig verteilt oder vereinzelt auftreten, kommen häufig noch zufällige Beanſpruchungen hinzu, und zwar:

1) Solche ſenkrecht zur Richtung des Hauptdruckes und ſenkrecht zur Anſichtsfläche des Mauerwerkes (Stöſse etc., Z in Fig. 4); gehen dabei die Stoſsflächen durch die ganze Mauerdicke hindurch, wie in Fig. 4 (Aufſicht auf eine Lagerfläche) angenommen, ſo werden die zwiſchen zwei Stoſsflächen gelegenen Steine allein beanſprucht und durch die Mauer geſchoben werden können, ohne daran durch ihre Nachbarn gehindert zu ſein. Dem würde auch durch einen Verband abgeholfen werden können[8]).

Fig. 4.


2) Kräfte, gleichfalls ſenkrecht zur Richtung des Hauptdruckes, aber parallel zur Anſichtsfläche des Mauerwerkes, die von örtlichen Senkungen, Erſchütterungen etc.

[8]) Es muſs hier angeführt werden, daſs man doch, aus Gründen der Ausführung vielfach die Stoſsflächen durch die Mauerſtärke hindurchlaufen läſst, dafür aber oft Steinverbindungen hinzuzieht.

herrühren und als Druck- oder Zugfpannungen auftreten können. Auch in diefen Fällen wirkt ein Verband für den Zufammenhalt eines Mauerwerkes günftig.

Eine Bewegung der Schichten übereinander infolge von fo gerichteten Kräften ift dadurch aber noch nicht ausgefchloffen und nur durch Aufgeben der Mauerung in Schichten oder durch Anwendung von Steinverbindungen zu verhüten.

Von den Urfachen, welche Längsfpannungen in einem Mauerwerk hervorrufen, mufs eine, als bisher zu wenig beachtet und erkannt, hier befonders hervorgehoben werden. Es ift dies die Ausdehnung und Zufammenziehung des Steinmaterials bei Wärmezu- und -abnahme. Es ift diefe Veränderlichkeit des Rauminhaltes durchaus nicht unbedeutend, wie aus den unten mitgeteilten Zahlen hervorgeht. (Der Ausdehnungskoeffizient für Sandftein [9]) nähert fich, der für Portland-Zementbeton ift gleich dem von Eifen, und der von Gips ift fogar gröfser.) Durch diefelbe können bei lang ausgedehnten Mauerwerken Verfchiebungen von Steinen und Riffe entftehen; desgleichen können dann, wenn die Mauerenden feft gehalten find, gefährliche Ausbauchungen fich bilden. Es mögen derartige Erfcheinungen, für die man fonft keine genügende Urfache nachweifen konnte, oft auf diefe Veränderlichkeit der faft allgemein für raumbeftändig gehaltenen Stein- und Mörtelmaterialien zurückzuführen fein.

Die umfaffendften Verfuche über die Ausdehnung der Mauerwerke durch Wärmeerhöhung, welche dem Verfaffer bis jetzt bekannt geworden find, find diejenigen *Bouniceau*'s [10]). Als Mittelwerte aus je zwei Verfuchen gibt derfelbe folgende Ausdehnungskoeffizienten an (lineare Ausdehnung für 1 Grad C. [11]).

Gufs aus reinem Portland-Zement	0,0000107
Gufs aus Portland-Zementmörtel (1 Teil Zement, 2 Teile Quarzfand)	0,0000118
Backfteinmauerwerk in Portland-Zementmörtel (die Ziegel als Binder verlegt)	0,0000089
Dasfelbe (die Ziegel als Läufer verlegt)	0,0000046
Portland-Zementbeton	0,0000143
Kalkfteinquader von Ranville	0,0000075
Desgleichen von der Maladrerie bei Caen	0,0000089
Granitquader von Diélette	0,0000079
Marmor	0,0000054
Weifser Gipsgufs	0,0000166

Als Mittel zur Verhinderung der fchädlichen Wirkung der Ausdehnung der Steine durch Temperaturerhöhung fchlägt *Bouniceau* vor, bei lang ausgedehnten Mauerkonftruktionen, wie z. B. Umfaffungsmauern, Quaimauern etc., in Zwifchenräumen Schlitze von einigen Millimeter oder Centimeter Breite einzufchalten.

Als eine andere Urfache für das Entftehen von Längsfpannungen mag hier noch das infolge der Aufnahme von Feuchtigkeit eintretende Quellen mancher Steinarten, namentlich der thonigen Sandfteine, angeführt werden.

Den Einflufs der Wärme, Näffe und des Froftes auf Mauerwerke aus Sandfteinquadern und Backfteinen, fowie auf Portland-Zementmörtel und Portland-Zementbeton behandelt ausführlich *Debo* [12]). Derfelbe weift auch nach, dafs die oben mitgeteilten *Bouniceau*'fchen Zahlen nicht Anfpruch auf Zuverläffigkeit machen können und neue, gründlichere Verfuche zur Feftftellung von Koeffizienten, fowohl für die Ausdehnung der Mauerwerke durch die Wärme, als durch die Näffe erforderlich find.

9) Nach *Adie* ift der lineare Ausdehnungskoeffizient für Sandftein 0,00001174 und nach *Lavoifier* und *Laplace* für weiches gefchmiedetes Eifen 0,00001220. (Vergl.: LUEGER, O., Lexikon der gefamten Technik. Bd. I, S. 587.)

10) Mitgeteilt in: *Annales des ponts et chauffées* 1863, 1. Sem., S. 178.

11) Des Vergleiches wegen feien aus Teil I, Band 1 diefes »Handbuches«, Art. 163 (S. 184) [2. Aufl. Art. 233, S. 223] die Ausdehnungskoeffizienten für Eifen nach *Heinzerling* (auf 1 Grad C. umgerechnet) wiederholt:

Gufseifen	0,0000132
Schmiedeeifen	0,0000145
Stahl	0,0000135.

12) In: Der Einflufs der Temperatur und der Naffe auf Steine und Mörtel. Hannover 1897. — Ueber den Einflufs der Luftwärme auf das Verhalten des Mauerwerkes eines Brückenbogens fiehe: Deutfche Bauz. 1895, S. 486.

Aus den gegebenen Beifpielen ergibt fich als erfter allgemeiner Hauptgrundfatz für die Steinverbände, dafs in zwei aufeinander folgenden Schichten keine Stofsflächen aufeinander treffen dürfen, fondern gegenfeitig verfetzt fein müffen, und dafs ferner auch in der Richtung der Stärke und Länge des Mauerwerkes wo möglich keine Stofsflächen ganz durchlaufen follten.

Berückfichtigt man weiter, dafs die Feftigkeit eines Verbandes nicht allein von der Anordnung der Stofsfugen abhängen kann, fondern auch von der eigenen Feftigkeit der einzelnen Steine abhängig fein mufs, und dafs in den Stofsfugen, wenn keine künftlichen Verbindungen zwifchen den Steinen angewendet find, irgend welche Feftigkeit nicht vorhanden ift, fo läfst fich weiter als zweiter Grundfatz für die Steinverbände folgern, dafs ein Verband um fo fefter fein wird, je weniger Stofsflächen innerhalb der Ausdehnung diefes Mauerwerkes in eine zur Hauptdruckrichtung parallele Ebene fallen.

19. Benennung der Steine und Schichten.

Diefen Grundfätzen kann man durch Verfchiedenheit der Abmeffungen der einzelnen Steine oder durch Verwendung verfchieden grofser Steine und durch verfchiedene Lage der gleich oder verfchieden grofsen Steine in den Schichten gerecht werden.

Je nach der Anordnung der Steine in den Schichten erhalten diefelben verfchiedene Namen, die für alle Mauermaterialien gültig find und deshalb gleich hier angeführt werden können.

Diejenigen Steine, welche mit ihrer längften Seite in der Anfichtsfläche des Mauerwerkes oder parallel zu derfelben liegen, heifsen Läufer. Dagegen nennt man die Steine, welche mit ihrer Länge in das Mauerwerk eingreifen oder tiefer in dasfelbe hineinreichen, als die über oder unter ihnen liegenden Steine, diefelben alfo überbinden, Binder. In demfelben Sinne wird auch die Bezeichnung Strecker verwendet, die man mitunter aber auch nur auf Binder bezieht, welche durch die ganze Konftruktionsftärke hindurchreichen. Für diefen Fall werden auch die Namen Durchbinder oder Ankerfteine benutzt [13]).

Schichten, die nur aus Läufern oder nur aus Bindern zufammengefetzt find oder wenigftens in der Mauerfläche als fo zufammengefetzt erfcheinen, heifsen Läufer-, bezw. Binderfchichten.

Die in der Anfichtsfläche des Mauerwerkes liegende Fläche des Steines, die alfo einen Teil der erfteren bildet, nennt man das Haupt oder die Anfichtsfläche. Mit diefer Bezeichnung im Zufammenhange fteht die Benennung von Verbandmauerwerken, bei denen nur eine oder alle beiden Langfeiten zur äufseren Erfcheinung gelangen, als einhäuptige und zweihäuptige. In demfelben Sinne gebraucht man auch die Benennungen Stirn- und Kopfflächen. Bei den Lagerflächen unterfcheidet man das obere und das untere Lager.

Die Längenrichtung der Aufsenfeite einer Mauer nennt man ihre Flucht.

---

[13]) Da die Bezeichnung »Strecker« auch manchmal für Läufer verwendet wird, fo erfcheint es zweckmäfsig, diefelbe ganz zu vermeiden.

2. Kapitel.

Steinverband.

Aus den Erörterungen des 1. Kapitels ergab fich die kurze, parallelepipedifche Geftalt der Steine als die zweckmäfsigfte zur Herftellung eines regelrechten Steinverbandes. Hält man dann weiter feft, dafs es Aufgabe des letzteren ift, die Steine innerhalb einer Schicht fowohl, als auch in Beziehung zu den benachbarten Schichten zweckmäfsig zu einander zu ordnen, fo leuchtet ein, dafs bei einer blofs theoretifchen Befprechung der Steinverbände die wirkliche Gröfse der Stücke nicht in Betracht zu kommen hätte, während das Verhältnis der drei Abmeffungen eines parallelepipedifchen Stückes zu einander eine grofse Rolle fpielen mufs. In der Bauausführung kommt aber die wirkliche Gröfse der Stücke für den Verband infofern in Betracht, als man bei Herftellung eines Mauerwerkes aus den gröfseren natürlichen Steinen mit einfacheren Anordnungen in der Regel ausreicht, während bei Anfertigung desfelben Mauerwerkes aus kleineren Steinen die Verbandregeln in voller Ausdehnung zur Anwendung gelangen müffen. Ferner ift zu berückfichtigen, dafs die gröfseren Stücke bereits durch ihr Eigengewicht eine geficherte Lage bekommen, dafs bei ihnen fchon aus diefem Grunde eine weniger ftrenge Behandlung des Verbandes zuläffiger erfcheint, als bei kleinen Steinen, die felbft durch geringe Stöfse aus ihrer Lage verrückt werden können. Es folgt hieraus, dafs eine Erörterung der Verbände namentlich mit Rückficht auf die kleinen Steine zu erfolgen hat. Für die Durchführung folcher Erörterungen empfehlen fich namentlich die künftlichen Steine, da für diefe die Abmeffungen und die Verhältniffe derfelben untereinander ein für allemal feftgeftellt werden können, und zwar mit Rückficht auf Ermöglichung eines regelrechten Verbandes, während für die natürlichen Steine die Abmeffungen bei jedem Bau innerhalb gewiffer, durch die Verhältniffe der Steinbrüche gegebenen Grenzen an den meiften Orten beliebig beftimmt werden. 20. Allgemeines

Aus den angeführten Gründen fcheint es zweckmäfsig, an dem Verfahren früherer Lehrbücher feftzuhalten und die Steinverbände zunächft für die noch immer am häufigften verwendeten Backfteine zu befprechen.

a) Steinverbände für Mauerwerke aus Backfteinen.

Um einen regelrechten Mauerverband herftellen zu können, ift es notwendig, dafs man die Backfteine nach allen drei zu einander fenkrechten Richtungen aneinander fchieben kann, ohne dafs fich irgend welche ftörende Vorfprünge ergeben. Dies ift möglich, wenn im allgemeinen die Länge l des Steines gleich ift der doppelten Breite b und die Breite gleich der doppelten Dicke h, wenn alfo zwifchen den Abmeffungen die Proportion 21. Abmeffungen der Backfteine.

$$h : b : l = 1 : 2 : 4$$

befteht. Auch bei forgfältiger Herftellung find aber kleine Mafsunterfchiede zwifchen den Steinen eines und desfelben Brandes, ebenfo wie kleine Unebenheiten gewöhnlich nicht zu vermeiden; ferner müffen die Backfteine mit einem Mörtel vermauert werden, fo dafs alfo zwifchen den einzelnen Steinen ein Zwifchenraum, die Fugendicke (6 bis 15 mm), die wir mit f bezeichnen wollen, fich ergibt, was bei der Bemeffung der Steine zu berückfichtigen ift. Aus Fig. 5 u. 6, worin die Lagen,

in welchen die Mauerfteine zu einander gelegt werden können, dargeftellt find, ergeben fich dann folgende Beziehungen:

$$l = 2b + f = 4h + 3f;$$

$$b = 2h + f = \frac{l - f}{2};$$

$$h = \frac{b - f}{2} = \frac{l - 3f}{4}.$$

Fig. 5.

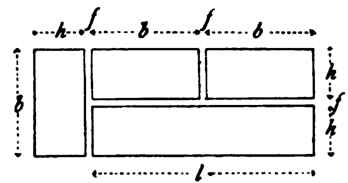
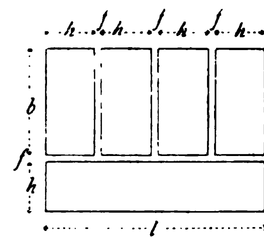


Fig. 6.



Das Format der Backfteine ift durch diefe Beziehungen genau beftimmt, wenn man eine immer einzuhaltende Fugendicke und eine der drei Abmeffungen feftftellt. Zu letzterer eignet fich am beften die Dicke h der Steine, weil diefe ein gewiffes Mafs nicht überfchreiten darf, fobald die Steine beim Brennen eine durchweg gute Befchaffenheit erhalten follen. Der »Deutfche Verein für Fabrikation von Ziegeln, Thonwaren, Kalk und Zement« hat [14]) als gröfstes Mafs in diefer Beziehung 65 mm bezeichnet. Nimmt man eine Fugendicke von 10 mm an, fo ergeben fich dann nach obigen Formeln für diefe Dicke die Mafse

$$h = 65^{\text{mm}},\ b = 140^{\text{mm}} \text{ und } l = 290^{\text{mm}}.$$

Es find dies die Mafse des neuen öfterreichifchen Normal-Ziegelformates [15]).

Diefes öfterreichifche Format ift alfo in Rückficht auf den Verband ein theoretifch ganz richtiges, erfcheint aber aus hier nicht weiter zu erörternden Gründen als ziemlich grofs. Im Gebiete des ehemaligen Norddeutfchen Bundes hielt man ein kleineres Format für zweckmäfsiger und beftimmte dasfelbe zu

$$h = 65^{\text{mm}},\ b = 120^{\text{mm}} \text{ und } l = 250^{\text{mm}},$$

unter Zugrundelegung einer Stofsfugendicke von 10 mm. Die Mehrzahl der deutfchen Regierungen hat diefes deutfche Normal-Ziegelformat [16]) für die Staatsbauten vorgefchrieben; auch hat es fich im Privatbau fehr viel Eingang verfchafft, obgleich immer noch andere Formate (ein kleineres teilweife in Norddeutfchland, ein gröfseres in Bayern) angewendet werden.

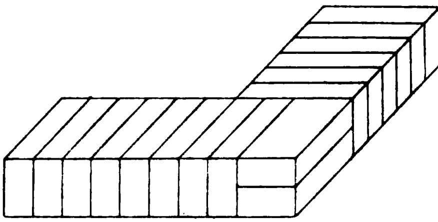
Bei diefem deutfchen Normal-Ziegelformat ift die Länge gleich der Summe von doppelter Breite und einer Fugenftärke, während die zu diefem Format nach obigen Formeln zugehörige Steindicke anftatt 65 mm nur 55 mm betragen dürfte.

Diefe Unrichtigkeit des Formates macht fich geltend, wenn die fog. Rollfchichten mit Flachfchichten in Verband treten follen. Unter einer Rollfchicht verfteht man eine folche Schicht, deren Höhe gleich der Ziegelbreite ift und bei welcher die Steine mit ihrer Länge fenkrecht zur Mauerflucht liegen (Fig. 7). Flachfchichten find dagegen folche Schichten, in denen die Steine auf einer Breitfeite, und zwar als Läufer oder Binder, liegen. Der Formatfehler zeigt fich darin, dafs zwei flach übereinander gelegte Steine mit einer Lagerfuge zwifchen fich die Rollfchicht um 20 mm überragen müffen, was namentlich im Backfteinrohbau unangenehm werden kann, in welchem bei der Bildung von Sockelmauern und Gefimfen häufig der Fall eintritt, dafs Rollfchichten mit Flachfchichten in Verband zu treten haben.

14) In der Generalverfammlung zu Berlin am 8. u. 9. Februar 1869.

15) Befchlufs des öfterreichifchen Ingenieur- und Architekten-Vereins 1874.

16) Zuerft vorgefchlagen vom erwähnten »Deutfchen Verein für Fabrikation von Ziegeln, Thonwaren etc.«.


Fig. 7.

Man hat aber die fich fo ergebenden Uebelftände anderen Gründen gegenüber nicht erheblich genug erachtet, um das Format anders feftzufetzen [17]).

Bei Mauerwerk aus Flachfchichten ift keine Notwendigkeit vorhanden, die Dicke der Lagerfugen gleich jener der Stofsfugen zu halten. Für die gewöhnlichen Mauerfteine (ordinäre Backfteine) ift eine Lagerfuge von 10 mm Dicke etwas wenig; nimmt man diefelbe zu ca. 12 mm an, fo erreicht man den Vorteil, dafs auf 1 m Höhe eine beftimmte Anzahl von Schichten, nämlich 13 folcher kommen [18]).

Um regelrechte Verbände bilden zu können, genügen die ganzen Steine nicht allein; fondern es find noch Stücke derfelben notwendig, die durch Halbteilung und Vierteilung gebildet werden. Die Bezeichnung für diefe Steinteile ift in den einzelnen Gegenden Deutfchlands etwas verfchieden. Es foll hier die folgende Bezeichnungsweife, welche als die am wenigften zu Verwechfelungen Anlafs gebende erfcheint, feftgehalten werden: 22. Steinteile.

1) ein Stück von der vollen Steinbreite und drei Viertel der Länge = Dreiquartier (Dreiviertelftein, Fig. 8 *a*);

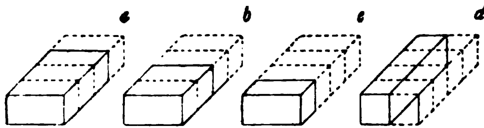


Fig. 8.

2) ein Stück von der vollen Steinbreite und zwei Viertel der Länge = Zweiquartier (halber Stein, Fig. 8 *b*);

3) ein Stück von der vollen Steinbreite und ein Viertel der Länge = Quartier (Einquartier, Fig. 8 *c* [19]);

4) ein Stück von der ganzen Seitenlänge und halber Breite = Längsquartier (langes Quartier, Riemchen, Riemftück, Riemenftein, Fig. 8 *d* [20]).

Diefe Stücke müffen leider gewöhnlich durch Behauen und Spalten der ganzen Steine hergeftellt werden, wodurch fich viel Bruch ergibt; aufserdem leidet hierbei durch die ftarken Erfchütterungen die Feftigkeit des Materiales. Die Mafchinenfteine laffen fich häufig gar nicht in regelmäfsige Stücke zerfchlagen. Deswegen wäre es zweckmäfsig, wenn die Ziegeleien folche Teilftücke, wenigftens Dreiquartiere, geformt auf Lager halten würden.

Um nicht unnützen Verhau zu bekommen, macht man die Mauerftärken immer als ein Vielfaches der Steinbreiten und benennt fie dem entfprechend. Man fpricht von $^1/_2$ Stein, 1 Stein, $1^1/_2$ Stein, 2 Stein etc. ftarken Mauern.

Unter Zugrundelegung des deutfchen Normal-Ziegelformates und einer Dicke der Zwifchenfugen von 10 mm ergeben fich dann folgende Mauerftärken:

$^1/_2$	Stein	ftarke	Mauer	= 120 mm	dick,
1	»	»	»	= 250	»	»
$1^1/_2$	»	»	»	= 380	»	»

[17]) Genaueres über Feftftellung eines guten Backfteinformates und über die Beftimmung des deutfchen Normalformates fiehe in: Deutfche Bauz. 1869, S. 146, 257, 269, 281.

[18]) Ueber die daraus fich ergebende einfache Maffenberechnung fiehe: Deutfche Bauz. 1869, S. 630.

[19]) Die Bezeichnung Quartier wird auch für kleinere Stücke verwendet.

[20]) Ein Längsquartier wird häufig auch Kopfftück benannt; doch dürfte es zweckmäfsig fein, diefe Bezeichnung zu vermeiden, da diefelbe auch für die Zweiquartiere zur Verwendung kommt.

2 Stein ſtarke Mauer = 510 mm dick,
2 1/2 » » » = 640 » »

etc., alſo ſtets eine Zunahme von 130 mm für 1/2 Stein. In Wirklichkeit werden dieſe Mauerſtärken allerdings gewöhnlich überſchritten.

Würde man geformte Dreiquartiere beziehen können, ſo wäre man in der Lage, die Mauerſtärken auch um 1/4 Steinlängen (halbe Steinbreiten) abſtufen zu können.

23. Regeln für den Verband.

Es gibt eine ziemliche Zahl von Verbandanordnungen für Backſteine, die nicht alle gleichen Wert beſitzen. Als Hauptregeln für einen guten Verband mögen die folgenden angeführt werden; ſie entſprechen teils den theoretiſchen Erörterungen des I. Kapitels; teils ſind ſie ſachlichen Rückſichten entſprungen:

1) Stoſsfugen dürfen in aufeinander folgenden Schichten ſich nur kreuzen, aber nie aufeinander treffen; es muſs immer eine Ueberbindung der Steine von mindeſtens 1/4 Steinlänge (1/2 Steinbreite) ſtattfinden. Ein Verband wird im allgemeinen um ſo beſſer ſein, je weniger Stoſsfugen einer Mauer in eine lotrechte Ebene fallen.

2) Im Inneren der Mauer ſind wo möglich nur Binder zu verwenden, damit der Tiefe nach eine Ueberbindung der Steine um 1/2 Steinlänge (1 Steinbreite) ſich ergibt.

3) Eine Mauer muſs möglichſt viele ganze Steine enthalten; Steinteile dürfen nur zur Einrichtung der Verbandordnung Verwendung finden.

Die Lehre von den Steinverbänden iſt am meiſten in Deutſchland ausgebildet worden; in England und Frankreich finden ſich zwar dieſelben Verbände; man ſcheint aber in dieſen Ländern nicht denſelben Wert auf eine theoretiſch richtige Durchbildung derſelben zu legen, als dies in unſeren Lehrbüchern meiſt geſchieht. In der Anwendung werden aber häufig genug auch bei uns die Regeln auſser acht gelaſſen.

1) Arten des Backſteinverbandes.

24. Aeuſsere Erſcheinung.

Wenn auch die Anwendung der verſchiedenen Verbände zum Teile von der Mauerſtärke abhängig iſt und bei Verwendung eines und desſelben Verbandes für verſchiedene Mauerſtärken ſich beſondere Regeln aufſtellen laſſen, ſo bieten dieſelben doch ſchon in der äuſseren Anſicht der mit ihnen hergeſtellten Mauern kennzeichnende Eigentümlichkeiten, die in der verſchiedenen Anordnung der Binder und Läufer in den Schichten und in der Anordnung der Schichten zu einander zum Ausdruck kommen. Hiernach ſollen die verſchiedenen Verbände zunächſt überſichtlich zuſammengeſtellt werden.

Eine maſſive Mauer zeigt äuſserlich:

α) Nur Läufer in allen Schichten (Fig. 9[21]) — Schornſteinverband; derſelbe wird nur bei 1/2 Stein ſtarken Mauern verwendet; man könnte ihn auch Läuferverband nennen.

β) Nur Binderköpfe in allen Schichten (Fig. 10). Es wird dieſer Verband mitunter Kopfverband oder Streckerverband genannt; da aber die Bezeichnungen Kopf und Strecker (ſiehe Art. 19 u. 22) in verſchiedenem Sinne verwendet werden, ſo iſt es vielleicht beſſer, den Namen Binderverband zu gebrauchen.

γ) Wechſel von Läufer- und Binderſchichten:

𝔄) regelmäſsiger Wechſel in allen Schichten:

𝔞) die Läufer immer lotrecht übereinander (Fig. 11) — Blockverband;

[21]) Sämtliche Backſteinverbände ſind im Maſsſtabe 1 m = 3 cm dargeſtellt.

Fig. 9.

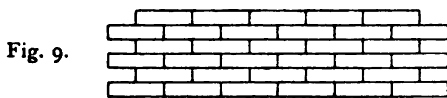


Fig. 13.

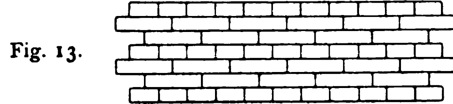


Fig. 10.

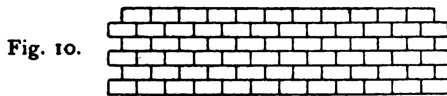


Fig. 14.

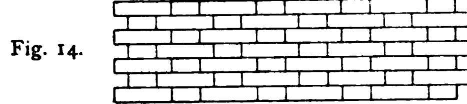


Fig. 11.

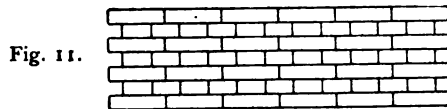


Fig. 15.

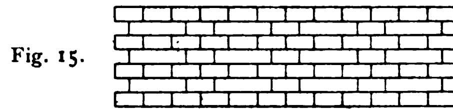
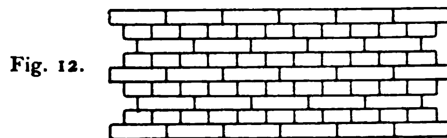


Fig. 12.



𝔟) die Läufer in einer Schicht um die andere um $^1/_2$ Steinlänge verfchoben (Fig. 12) — Kreuzverband;

𝔅) auf 1 Binderfchicht 2, 3 oder mehr Läuferfchichten folgend (Fig. 13) — englifcher Verband. Nach *Rankine* wird der in Fig. 13 dargeftellte Verband, bei dem auf 1 Binderfchicht 2 Läuferfchichten folgen, in England für gewöhnliche Fälle als der befte gehalten.

δ). Läufer und Binder in allen Schichten (Fig. 14) — polnifcher oder gotifcher Verband (in England flämifcher Verband genannt).

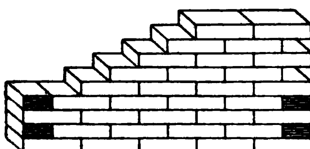
ε) Binderfchichten wechfeln mit Schichten, in welchen Läufer und Binder vorkommen (Fig. 15) — holländifcher Verband.

Bei allen diefen Verbänden liegen die Steine fenkrecht zur Mauerflucht. Für fehr ftarke Mauern würde noch ein Verband hier anzuführen fein, der äufserlich das Block- oder Kreuzverbandmufter zeigt, im Innern aber fich kreuzende Schräglagen von Steinen aufweift. Es ift dies der fog. Strom- oder Feftungsverband. Aufserdem ift der figurierte Verband zu erwähnen, deffen Anordnung fehr verfchieden fein kann und mehr mit Rückficht auf Zierwirkung, als richtige Konftruktion getroffen wird.

Wir gehen nun zur Befprechung der einzelnen Verbände für verfchiedene Mauerftärken und der lotrechten Endigungen der Mauern über.

Beim Läufer- oder Schornfteinverband ergibt die Steinbreite die Mauerdicke, und der regelrechte Verband ift einfach durch Verfchiebung der Steine in einer Schicht um die andere um $^1/_2$ Steinlänge zu erzielen. In jeder Schicht find nur Läufer vorhanden, die einander um das gröfstmögliche Stück, nämlich um $^1/_2$ Steinlänge überbinden. Die lotrechte Endigung der Mauer befchafft man in einfachfter Weife durch Anordnung von Zweiquartieren an einem Ende derfelben, und wenn die Länge der Mauer einer Anzahl von ganzen Steinlängen entfpricht, an den beiden Enden in der zweiten, vierten, fechften etc. Schicht 25. Läuferverband.

Fig. 16.



(Fig. 16). Durch die Zweiquartiere wird der Verband eingerichtet. Ist die Länge der Mauer gleich einer Anzahl ganzer Steine zuzüglich 1/2 Stein, so kommen die Zweiquartiere an den Enden in verschiedene Schichten zu liegen, während bei Mauerlängen, die eine Anzahl ganzer Steine zuzüglich 1/4 oder 3/4 Steinlänge messen, zur Endigung derselben auf einer Seite abwechselnd Quartiere und Dreiquartiere erforderlich werden.

Die unvollendete Endigung der Mauer auf der rechten Seite in Fig. 16 nennt man eine Verzahnung, die auf der linken Seite eine Abtreppung.

26. Binderverband.

Fig. 18 zeigt die Anwendung des Binderverbandes auf eine 1 Stein starke Mauer, die üblichste Anwendung desselben. Alle Stofsfugen laufen durch die Mauer hindurch, die nur aus ganzen Steinen gebildet wird, die aber alle nur um 1/4 Steinlänge sich überbinden, worin die Schwäche dieses Verbandes liegt. Auf der linken Seite der Figur sind Abtreppung und Verzahnung ersichtlich, während die rechte Seite den lotrechten Abschlufs der Mauer zeigt, und zwar mit Zuhilfenahme von 2 als Läufer angeordneten Dreiquartieren in einer Schicht um die andere. Es ist diese Anordnung von Dreiquartieren jedenfalls besser, als die Verwendung der zerbrechlichen Längsquartiere zu demselben Zwecke, die auf zweierlei Weise erfolgen kann, wie Fig. 17 u. 19 ausweisen. Die Längsquartiere werden entweder an das Ende jeder Schicht gelegt, wo aber diese langen und schmalen Stücke leicht aus der Mauer herausgestofsen werden können, oder sie werden besser hinter die ersten Binder gelegt, wobei dann in der folgenden Schicht zwei ganze Steine als Läufer erforderlich werden. Die Längsquartiere werden von den Maurern gern durch kleine Bruchstücke ersetzt, was zu Ungunsten derselben hier noch anzuführen ist. Da nun aufserdem die Anwendung der Dreiquartiere, als der gröfseren Stücke, der Benutzung der Längsquartiere auf Grund der allgemeinen Gesetze für die Verbände vorzuziehen ist, so soll künftighin von der letzteren nur noch ausnahmsweise die Rede sein.

Fig. 17.



Fig. 18.

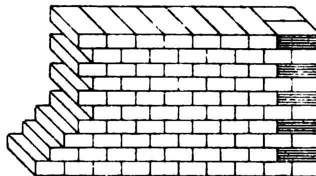
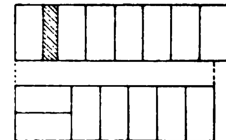


Fig. 19.



Für Zwecke des Festungsbaues kommt vorschriftsmäfsig der Binderverband auch bei stärkeren Mauern hie und da zur Anwendung (Fig. 20), jedenfalls in dem Gedanken, dafs eine Mauer dem feindlichen Feuer gröfseren und längeren Widerstand entgegensetzen werde, wenn die Front aus möglichst viel grofsen Stücken zusammengesetzt ist, dafs die einzelnen Steine dem auftreffenden Geschofs besser die kurze Seite, als die lange bieten und dafs bei einer solchen Anordnung, infolge der kurzen Ueberbindung der Steine nach der Seite hin, die Wirkung des Schusses auf möglichst kurze Strecken eingeschränkt werde. Will man diese Vorteile ganz erreichen, so dürfen in der Front zur Herstellung des Verbandes mit dem Inneren der Mauer nur Dreiquartiere zur Verwendung gelangen (Fig. 21), aber nicht Zweiquartiere (Fig. 22), wie dies in Verkennung der der Vorschrift zu Grunde liegenden Absicht mitunter geschehen soll [22]).

Fig. 20.

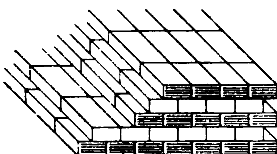


Fig. 21.

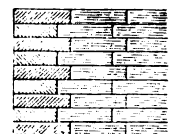
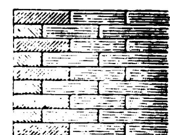


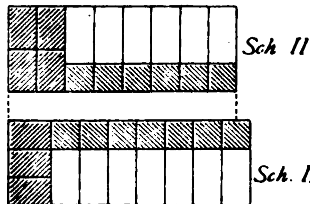
Fig. 22.



[22]) Siehe: HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1872, S. 131.

Auf die Verwendung diefes Verbandes zur Verblendung von Mauern kommen wir im nächft folgenden Hefte (Abt. III, Abfchn. 1, A) diefes »Handbuches« zu fprechen. Er ift für den Backfteinrohbau von befonderer Wichtigkeit. Doch verdient diefer Verband wegen feiner Einfachheit und Bequemlichkeit auch fonft in geeigneten Fällen, namentlich bei im Ziegelbau ungeübten Maurern, öftere Verwendung.

Fig. 23.



Stärkere als 1 Stein dicke Mauern (für den gewöhnlichen Hochbau) können allerdings nur mit Hilfe von Zweiquartieren (als Beifpiel ift der Verband für eine $1^1/_2$ Stein ftarke Mauer in Fig. 23 beigefügt) hergeftellt werden, die entweder durch Halbteilung der ganzen Steine oder durch befondere Beftellung in den Ziegeleien zu befchaffen find. In diefer Notwendigkeit, halbe Steine verwenden zu müffen, liegt der Grund dafür, warum diefer Verband für ftärkere Mauern nicht oft zur Verwendung gelangt. Es liegt fehr nahe, zwei nebeneinander liegende halbe Steine durch einen ganzen zu erfetzen, und man wird fo ganz von felbft auf den Block- und den Kreuzverband geführt, die fich nur äufserlich vom Binderverband unterfcheiden.

Der Blockverband kann für die verfchiedenften Mauerftärken verwendet werden. 27. Blockverband.
Es folgt bei ihm auf eine Binderfchicht immer eine Läuferfchicht, deren Stofsfugen gegen die der erfteren um $^1/_4$ Steinlänge verfchoben find. Die Stofsfugen der

Fig. 24.

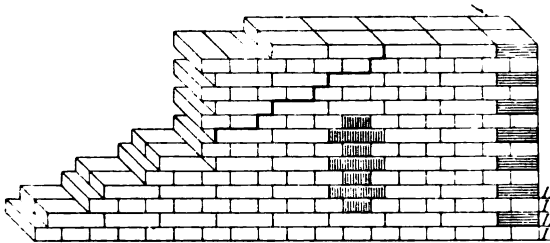
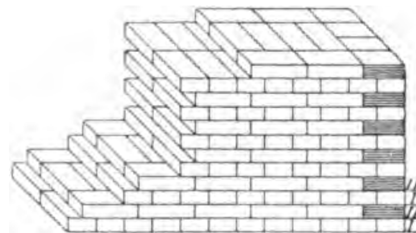


Fig. 25.

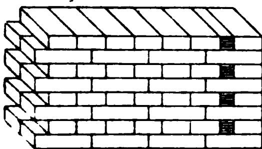


Läuferfchichten liegen lotrecht übereinander. In Fig. 24 ift eine 1 Stein ftarke Mauer im Blockverband dargeftellt, links mit Abtreppung und Verzahnung, rechts mit der lotrechten Endigung.

Die Abtreppung zeigt ungleich breite Stufen, wechfelnd in den Breiten von $^1/_4$ Stein und $^3/_4$ Stein. Die Verzahnung weift gleichmäfsig $^1/_4$ Stein tiefe Lücken auf.

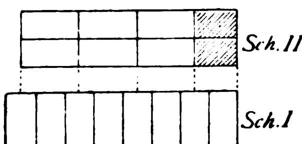
Die lotrechte Endigung ift durch Einlegen von 2 Dreiquartieren an den Enden der Läuferfchichten erzielt (Fig. 27). Das Anfichtsmufter ift fchraffiert angegeben (Fig. 24). Die lotrechte Endigung kann auch durch Einlegen von Längsquartieren hinter den erften Bindern der Binderfchichten hergeftellt werden (Fig. 26); indeffen ift die Verwendung von Dreiquartieren aus den früher angegebenen Gründen vorzuziehen.

Fig. 26.



Bei der 2 Stein ftarken Mauer (Fig. 25 u. 28) find beide Aufsenfeiten gleich denen der 1 Stein ftarken Mauer gebildet. In den Binderfchichten liegen zwei Reihen Binder hintereinander und bilden fo die Mauerdicke; die Stofsfugen der Binder treffen aufeinander; fie gehen in einer Linie durch die Mauer hindurch: fie fchneiden fich. In den Läuferfchichten liegen nur Läufer an den Aufsenfeiten der Mauer; der Zwifchenraum zwifchen denfelben wird durch eine Reihe Binder ausgefüllt, die fo gelegt

Fig. 27.



find, dafs die im Mauerhaupt fichtbar werdenden Stofsfugen auch in diefer Schicht durch die Mauer hindurchgehen und die Binder diefer Schicht gegen die der vorhergehenden um $^1/_4$ Steinlänge verfchoben find.

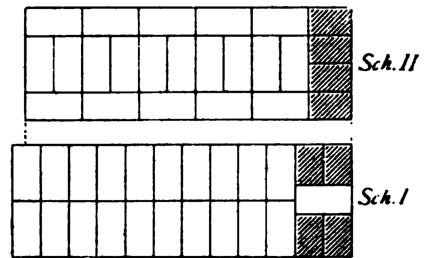


Fig. 28.

Die lotrechte Endigung der Mauer wird fo hergeftellt, dafs in den Läuferfchichten vier Dreiquartiere hintereinander liegen, in diefer Weife die Mauerdicke ergeben und den Verband einrichten. In den Binderfchichten find die beiden erften Binder jeder Seite nicht ganze Steine, fondern Dreiquartiere, zwifchen denen dann ein ganzer Stein den Reft der Mauerdicke ausfüllt, fo dafs auch an diefer Stelle keine Stofsfuge lotrecht durch mehrere Schichten durchgeht.

In ganz ähnlicher Weife geftaltet fich der Blockverband für die 3 Stein, 4 Stein etc. ftarken Mauern oder für alle diejenigen, deren Dicke einer Anzahl von ganzen Steinen oder einer geraden Anzahl von Steinbreiten entfpricht. Alle in den Aufsenfeiten fichtbaren Stofsfugen gehen durch die Mauer hindurch; in den Binderfchichten liegen fo viele Binder hintereinander, als die Mauerdicke verlangt, und im Inneren der Läuferfchichten ebenfo viele Binder weniger einem. Die lotrechte Mauerendigung wird dadurch erzielt, dafs am Ende der Läuferfchichten fo viele Dreiquartiere, als die Mauerdicke Steinbreiten enthält, hintereinander als Läufer zu liegen kommen und an den Enden der Binderfchichten auf jeder Seite der Mauer ein Dreiquartier-Binderpaar und zwifchen diefen im Inneren fo viele ganze Steine, als dazwifchen gehen.

Bei den Mauern, die zur Dicke eine ungerade Zahl von Steinbreiten haben, alfo bei $1^1/_2$, $2^1/_2$, $3^1/_2$ etc. Stein ftarken Mauern, ändert fich der Blockverband in der Weife, dafs nicht eigentliche Binder- und Läuferfchichten miteinander abwechfeln, fondern dafs alle Schichten einander gleich find und fämtlich Läuferreihen enthalten, nur diefe regelmäfsig abwechfelnd auf entgegengefetzten Seiten der Mauer. Blofs die in den Läuferreihen fichtbar werdenden Stofsfugen gehen durch die ganze Mauerdicke hindurch. Es fchneiden fich alfo nicht alle Fugen. Fig. 29 gibt als Beifpiel eine $1^1/_2$ Stein ftarke Mauer.

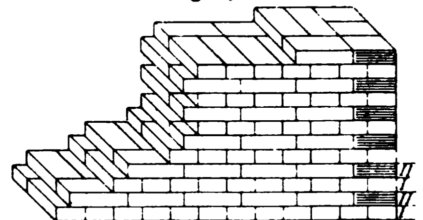


Fig. 29.

Ganz ebenfo werden die ftärkeren Mauern gebildet, nur dafs einer Läuferbreite genügend viele hintereinander liegende Binderreihen hinzuzufügen find.

Die lotrechte Endigung der $1^1/_2$ Stein ftarken Mauer ift in Fig. 31 dargeftellt. In der Schicht *I* geben zwei hintereinander liegende Dreiquartier-Binderpaare die Mauerftärke, in der Schicht *II* drei als Läufer hintereinander liegende Dreiquartiere.

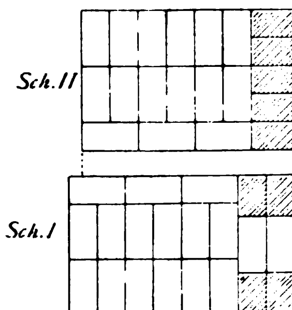


Fig. 30.

Ganz ähnlich ift es bei den ftärkeren Mauern, wie das Beifpiel einer $2^1/_2$ Stein ftarken Mauer (Fig. 30) zeigt. In den Schichten *I* treten zwifchen die Dreiquartier-Binderpaare genügend viele Binderpaare von ganzen Steinen; die Schichten *II* zeigen dagegen fo viele Dreiquartiere, als die Mauer Steinbreiten zur Dicke hat, hintereinander als Läufer. Es gelten alfo für die lotrechte Endigung der Mauern von einer Dicke,

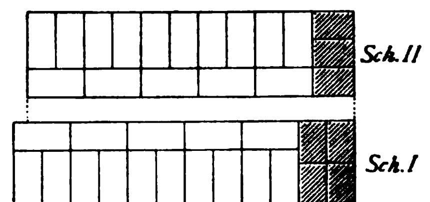
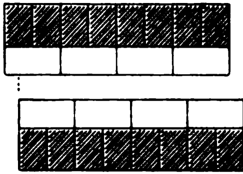
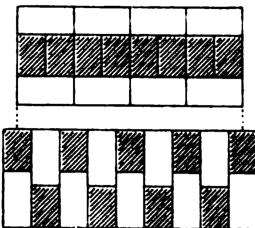


Fig. 31.

die einer ungeraden Zahl von Steinbreiten entſpricht, genau dieſelben Regeln wie für Mauern, die eine gerade Zahl von Steinbreiten zur Dicke haben.

Hat man geformte Dreiquartiere zur Verfügung, ſo laſſen ſich mit deren Hilfe, wie ſchon früher angeführt worden, auch $1^1/_4$, $1^3/_4$ Stein ſtarke Mauern herſtellen. Neben ſtehend werden in Fig. 32 und 33 [23]) zwei dergleichen Beiſpiele gegeben; die Mauerenden laſſen ſich für dieſe Mauerſtärken nicht ganz regelrecht herſtellen.


Fig. 32.


Fig. 33.

28. Kreuzverband.

Beim Kreuzverband wechſeln, wie beim Blockverband, regelmäſsig Läuferſchichten und Binderſchichten miteinander ab, deren Stoſsfugen gegenſeitig um $^1/_4$ Steinlängen verſchoben ſind; auſserdem ſind aber die Läuferreihen abwechſelnd um $^1/_2$ Steinlänge gegeneinander verſchoben, ſo daſs die Stoſsfugen einer Läuferreihe auf die Mitten der Läufer der nächſt darauf folgenden und nächſt darunter liegenden Läuferſchicht treffen (ſiehe die 1 Stein ſtarke Mauer in Fig. 34 u. 35). Es wird dies erreicht durch Einſchaltung eines Binders bei der 1 Stein ſtarken Mauer vor dem Ende der vierten Schicht (natürlich einer Läuferſchicht). Zur Anlage des Kreuzverbandes einer 1 Stein ſtarken Mauer ſind alſo immer drei verſchiedene Schichten notwendig; die Binderſchichten *I* und *III* ſind immer einander gleich; die Läuferſchichten *II* und *IV* wechſeln regelmäſsig miteinander ab. Sonſt iſt die Anlage der Schichten und der Endabſchluſs, wie beim Blockverband.

Fig. 34.

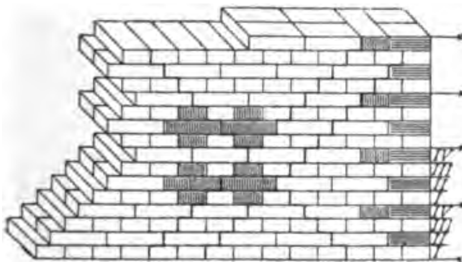
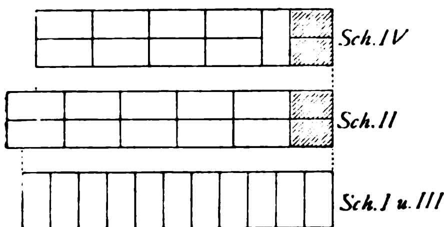


Fig. 35.



Als äuſsere Merkmale des Kreuzverbandes ergeben ſich die abgeſonderten Kreuze des Verbandmuſters (durch Schraffierung in Fig. 34 angedeutet), ferner die gleichmäſsige Abtreppung (beim Blockverband in ungleichen Stufen) und doppelt abgeſtufte Lücken in der Verzahnung (beim Blockverband einfach abgeſtufte Lücken). Die Abtreppung läſst ſich ſo viele Male nach beiden Richtungen in der Maueranſicht zeichnen, als ganze Läufer in einer Schicht liegen.

Auch bei den ſtärkeren Mauern, deren Dicke einer geraden Anzahl von Steinbreiten entſpricht, iſt die Verbandanlage der erſten drei Schichten genau wie beim Blockverband; nur jede vierte Schicht zeigt die Einſchaltung von Zweiquartieren in den Läuferreihen vor den am Ende liegenden Dreiquartieren, um das Kreuzverbandmuſter herzuſtellen. Als Beiſpiel ſind in Fig. 36 die zur Herſtellung einer 2 Stein ſtarken Mauer notwendigen Schichten gegeben.

Etwas anders iſt es bei den Mauern, die in ihrer Dicke eine ungerade Anzahl von Steinbreiten enthalten. Bei dieſen ſind nur die erſten beiden Schichten gleich denen des Blockverbandes; die beiden folgenden enthalten in den Läuferreihen ein Zweiquartier vor den Dreiquartieren am Ende der Mauer. Dann beginnt die Schichten-

23) Nach: GOTTGETREU, R. Lehrbuch der Hochbaukonſtruktionen. I. Teil. Berlin 1880. S. 48.

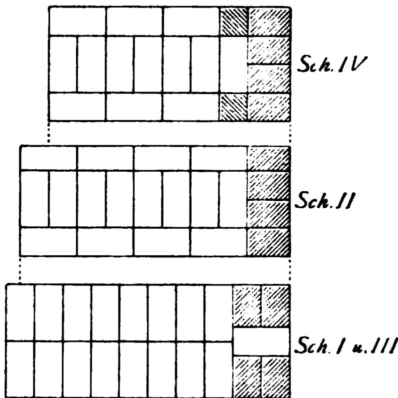


Fig. 36.

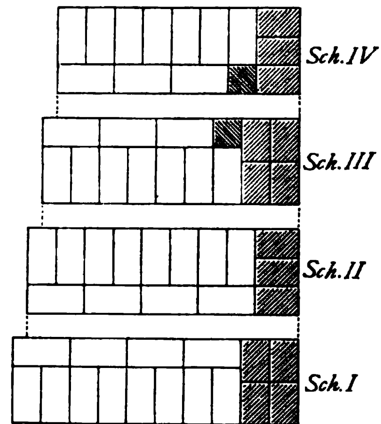


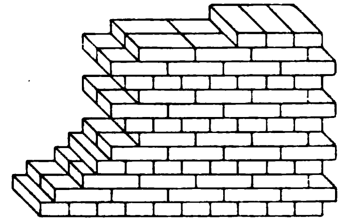
Fig. 37.

folge von neuem. Es ſind alſo in dieſen Fällen (als Beiſpiel iſt in Fig. 37 eine $1^{1}/_{2}$ Stein ſtarke Mauer gegeben) vier verſchiedene Schichten notwendig, und zwar damit das Kreuzverbandmuſter auf beiden Seiten der Mauer ſich ergibt.

29. Engliſcher Verband.

Nach *Rankine* beſteht der engliſche Verband darin, daſs man wiederkehrend ganz aus Läufern oder Bindern zuſammengeſetzte Schichten legt. Er begreift alſo den Block- und Kreuzverband von 1 Stein ſtarken Mauern in ſich, bei welchen der Wechſel regelmäſsig in allen Schichten erfolgt. Manchmal kommt er aber auch ſo vor, daſs auf eine Binderſchicht mehrere Läuferſchichten folgen. Fig. 38 zeigt eine 1 Stein ſtarke Mauer, bei welcher nach einer Binderſchicht zwei Läuferſchichten kommen. Es läſst dieſes Beiſpiel, wie alle ähnlichen, eine Abweichung von der bei allen regelrechten Ziegelverbänden zu befolgenden Regel erkennen, daſs in übereinander liegenden Schichten keine Stoſsfugen aufeinander fallen dürfen. Hier treffen die gedeckten Stoſsfugen der Läuferſchichten in der ganzen Länge der Mauer aufeinander.

Fig. 38.



30. Polniſcher Verband.

Der polniſche oder gotiſche Verband kennzeichnet ſich dadurch, daſs in allen Schichten Läufer und Binder im Mauerhaupt ſichtbar werden. In Fig. 39 u. 40 ſind Beiſpiele von 1 Stein und $1^{1}/_{2}$ Stein ſtarken Mauern gegeben. Wie aus den-

Fig. 39.

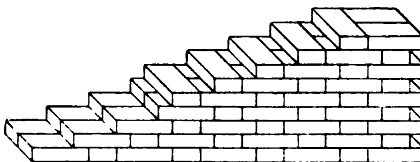
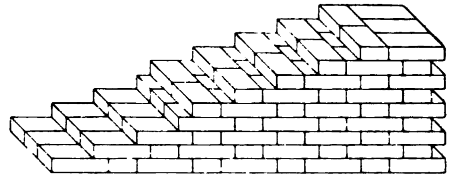


Fig. 40.



ſelben hervorgeht, leidet dieſer Verband an demſelben Fehler, wie der eben vorher beſchriebene engliſche. Es treffen nämlich die gedeckten Stoſsfugen in den übereinander liegenden Schichten, hier allerdings nur teilweiſe, dafür aber in der ganzen Höhe der Mauer durchgehend, aufeinander. Bei der $1^{1}/_{2}$ Stein ſtarken Mauer kommt noch hinzu, daſs die Binder aus zwei hintereinander liegenden Dreiquartieren

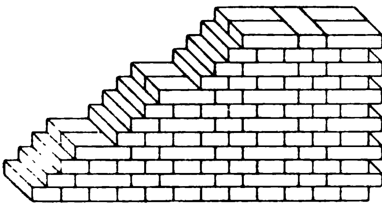
beftehen, die alfo die unter ihnen liegenden Läufer nur um $^1/_4$ Steinlänge überbinden, während beim Block- und Kreuzverband der Tiefe der Mauer nach immer um $^1/_2$ Steinlänge überbunden wird. Die Verwendung von fo vielen Dreiquartieren widerfpricht zudem dem Grundfatze, dafs möglichft viele ganze Steine zum Mauerverband benutzt werden follen. Hat man nicht geformte Dreiquartiere, fo wird durch den ftarken Verhau die Ausführung auch koftfpielig. Man fieht hiernach, dafs diefer Verband für maffive Backfteinmauern nicht empfohlen werden kann; dagegen wird fich fpäter ergeben, dafs er bei Verblendungen und hohlen Mauern recht wohl verwendbar ift. Er wird dann aber häufig dahin verändert, dafs zwifchen die Binder mehrere Läufer gelegt werden.

In England, wo diefer Verband, wie angedeutet, den Namen flämifcher Verband führt, wird er des hübfchen Mufters wegen häufig zur Anwendung gebracht.

Die Verzahnung ift bei diefem Verband diefelbe, wie beim Kreuzverband, nämlich gleichmäfsig mit $^1/_4$ Stein tiefen Lücken; die Abtreppung ift ebenfalls gleichmäfsig, aber mit $^3/_4$ Stein breiten Stufen.

Beim holländifchen Verband wechfeln Binderfchichten mit Schichten ab, in welchen Läufer und Binder zur Anficht kommen. Dadurch wird der Fehler des polnifchen Verbandes (Aufeinandertreffen von Stofsfugen) vermieden, wie dies die in Fig. 41 dargeftellte 1 Stein ftarke Mauer zeigt. Bei der 1 $^1/_2$ Stein ftarken Mauer wird aber hier der Verbrauch an Dreiquartieren noch bedeutender, als beim polnifchen Verband. 31. Holländifcher Verband.

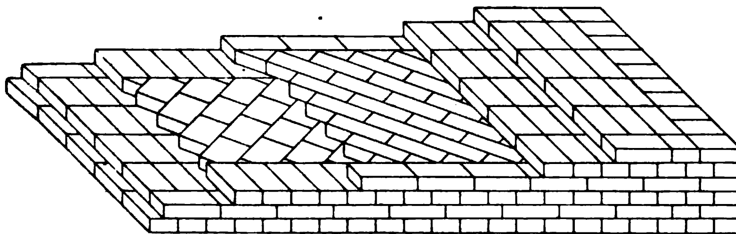
Fig. 41.



Die Verzahnung ift gleichmäfsig mit einfachen, $^1/_4$ Stein tiefen Lücken; die Abtreppung zeigt den regelmäfsig wiederkehrenden Wechfel von drei aufeinander folgenden, $^1/_4$ Stein breiten Stufen mit einer $^3/_4$ Stein breiten.

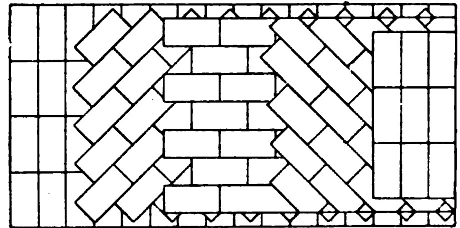
Der fog. Strom- oder Feftungsverband ift nur für fehr ftarke Mauern anwendbar, wie deren im eigentlichen Hochbau, aufser bei Gründungen, felten vorkommen. Er gelangt befonders beim Waffer- und Feftungsbau zur Verwendung, auch für Stützmauern, und ift in dem Beftreben erfunden worden, eine möglichft grofse Verwechfelung oder verfchiedenartige Lage der Stofsfugen innerhalb des Mauerkörpers zu erhalten. Zu diefem Zwecke hat man auf zwei gewöhnliche Schichten des Kreuz- oder Blockverbandes mehrere Schichten von fich kreuzenden Schräglagen (Stromlagen, Schmieglagen, Kreuzlagen, Diagonalfchichten) folgen laffen, nach einigen Schriftftellern vier dergleichen, beffer wohl aber nur zwei, weil dann eine Wiederkehr derfelben Stofsfugenanordnung nur alle vier Schichten ftattfindet (Fig. 42). Die Schräglagen bilden mit den Mauerfluchten Winkel von 45 Grad oder beffer 60 Grad; äufserlich find fie mit dem Block- oder Kreuzverband zugehörigen Steinreihen verkleidet. Der Anfchlufs an die letzteren erfolgt mit fpitzwinkeligen Stücken, die wohl zweckmäfsigerweife als Formfteine (nach *Heufinger v. Waldegg* Klampziegel oder Spitzfteine genannt) bezogen werden. 32. Stromverband.

Fig. 42.



Für abgetreppte Grundmauern in diefem Verbande kann man der Verkleidungs-fchichten und der Vollendung der Schrägfchichten mit Formfteinen entbehren. Es folgt auf eine gerade Schicht nur eine Schrägfchicht (Fig. 43), dann wieder eine gerade Schicht und auf diefe eine Schräg-fchicht in einer der erften entgegengefetz-ten Richtung. Die geraden Schichten werden immer um eine halbe Steinlänge fchmaler [24]). Sie können abwechfelnd aus lauter Bindern oder aus lauter Läufern zufammengefetzt werden.

Fig. 43.



33. Figurierter Verband.

Die figurierten Verbände werden ge-wählt, um mit ihnen Wandflächen zu ver-zieren. Es kann dies entweder fo gefchehen, dafs man:

α) die befchriebenen oder annähernd nach den Regeln derfelben gebildeten Verbände nach ihrem Mufter oder fich aus denfelben ergebenden Motiven in ver-fchiedenfarbigen Steinen ausführt, oder dafs man

β) beliebige neue Mufter erfindet, deren Fugenlinien zierend wirken follen, oder dafs man

γ) beide Verfahren verbindet.

Die Ausführungsweifen unter β geben häufig beim Verlaffen der wagrechten Schichtung Anordnungen, die fich, fobald man ftärkere Mauern haben will, fchwer mit einer Hintermauerung verbinden laffen, und welche fich daher mehr nur zu fchwachen Ausmauerungen von Fachwerken eignen.

Zu den in figurierten Verbänden ausgeführten Mauern gehören auch die durch-brochenen.

Da die figurierten Verbände fich in aufserordentlicher Mannigfaltigkeit bilden laffen und diefelben mehr dem Gebiete der Formenlehre angehören, fo würde hier das Vorführen von Beifpielen nicht angebracht fein. Es dürfte genügen, unten [25]) auf einige hauptfächlich in Betracht kommende Werke zu verweifen.

34. Vergleich der verfchiedenen Verbände.

Vergleichen wir die Verbände mit Rückficht auf den im 1. Kapitel aufgeftellten erften Hauptgrundfatz für alle Steinverbände: dafs nämlich in zwei aufeinander folgenden Schichten keine Stofsflächen aufeinander treffen dürfen, fo ergibt fich, dafs alle Verbände, mit Ausnahme des als englifchen bezeichneten und des polnifchen oder gotifchen Verbandes, diefem Grundfatze genügen, alfo in diefer Beziehung gleichwertig find. Anders verhält es fich, wenn wir den zweiten Grundfatz: dafs ein Verband um fo fefter fein wird, je weniger Stofsflächen innerhalb der Aus-dehnung eines Mauerwerkes in eine zur Hauptdruckrichtung parallele Ebene fallen, mit zum Vergleiche heranziehen. Infolge der verfchiedenen Anordnungen werden

---

24) Siehe: MÜLLER, H. Die Maurerkunft. 3. Aufl. Leipzig 1879. S. 87.

25) FLEISCHINGER, A. F. & W. A. BECKER. Syftematifche Darftellung der im Gebiete der Landbaukunft vorkommenden Conftructionen etc. Abt. I: Die Mauerwerks- oder Stein-Conftructionen. Berlin 1859.

ADLER, F. Mittelalterliche Backfteinbauwerke des preufsifchen Staates. Berlin 1859.

GRUNER, L. *Terracotta architecture of North Italy (12.—16. cent.).* London 1867.

DEGEN, L. Der Ziegelrohbau. München 1859—65.

BETHKE, H. Decorativer Ziegelbau ohne Mörtelputz. Stuttgart 1877.

CHABAT, P. *La brique et la terre cuite.* Paris 1881.

LACROUX, J. *La brique ordinaire.* Paris 1883—84.

GOTTLOB, F. Formenlehre der norddeutschen Backfteingothik. Leipzig 1900.

ſich die Verbände für die verſchiedenen möglichen Druckrichtungen verſchieden ſchätzen laſſen. Die Hauptdruckrichtungen können entweder in eine zur Mauerflucht parallele oder in eine zu derſelben rechtwinkelige, auf den Lagerfugenflächen ſenkrecht ſtehende Ebene fallen. Fälle, bei denen die Drücke in ſchräg zur Mauerrichtung ſtehenden Ebenen liegen, laſſen ſich durch Kräftezerlegung auf jene beiden anderen Fälle zurückführen. Da wir hier nur die gewöhnliche wagrechte Lagerung der Schichten in Betracht ziehen wollen, ſo ſind jene Druckrichtungsebenen lotrechte. Die lotrechte Richtung des Druckes gehört beiden Druckrichtungsebenen gemeinſchaftlich an; ſie hat uns daher zunächſt zu beſchäftigen.

Aus der Betrachtung der Verbände ergibt ſich, daſs für die lotrechte Druckrichtung der vorteilhafteſte Verband der Strom- oder Feſtungsverband und nach dieſem der Kreuzverband ſein muſs, weil bei dieſen die Lage der Stoſsfugen am meiſten wechſelt. Der erſtere kann bei Hochbauten zu ſelten angewendet werden, ſo daſs alſo für dieſen Fall der Kreuzverband obenan ſteht. Ihm würde der engliſche Verband gleich kommen, wenn er nicht den ſchon beſprochenen, hier gerade ſehr weſentlichen Fehler hätte.

Drücke, die in der Längen- oder Querrichtung auf ein Mauerwerk wirken, werden die Zugfeſtigkeit der Schichten in Anſpruch nehmen. Dieſe iſt um ſo gröſser, je weniger Stoſsfugen die Druckrichtung durchſchneidet, d. h. je mehr Steine mit ihrer Länge in der Druckrichtung liegen. Für Drücke in der Längenrichtung wird demnach als der ungünſtigſte Verband der Binderverband zu bezeichnen ſein. Blockverband und Kreuzverband haben gleich viele Läufer in der Längenrichtung, werden alſo als gleich feſt angeſehen werden müſſen. Betrachten wir indes dieſe beiden Verbände etwas näher, und zwar in Beziehung auf die Geſtaltung der möglichen Trennungsflächen, ſo erweiſt ſich für dieſen Fall der Druckrichtung der Blockverband etwas günſtiger, weil infolge der ihm eigentümlichen ungleichförmigen Abtreppung die Trennungsfläche verhältnismäſsig mehr Ausdehnung erhält, als beim Kreuzverband mit ſeiner gleichförmigen Abtreppung (ſiehe Fig. 44 u. 45). Vorausgeſetzt wird hierbei natürlich immer, daſs der Ziegel feſter, als die Mörtelfuge iſt, wie ja überhaupt bei der Feſtſtellung einer vergleichsweiſe beſten Verbandanordnung die Verbindung durch den Mörtel nicht zu berückſichtigen iſt.

Fig. 44.

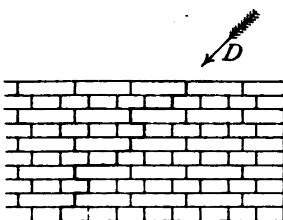
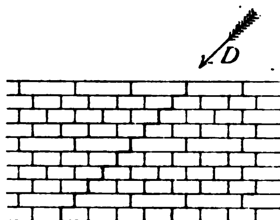
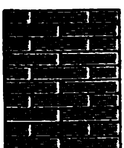


Fig. 45.



Einem Drucke, deſſen Richtungsebene ſenkrecht zur Mauerrichtung ſteht, der alſo die Querfeſtigkeit der Mauer beanſprucht, wird dagegen der Binderverband den meiſten Widerſtand entgegenſetzen. Blockverband und Kreuzverband ſind für dieſen Fall ganz gleichwertig, weil der Mauerquerſchnitt bei beiden ganz gleich geſtaltet iſt (ſiehe Fig. 46, Querſchnitt einer 2 Stein ſtarken Mauer in Block- oder Kreuzverband). Beide ſtehen auch dem Binderverband nicht viel nach, und bei ſtärkeren Mauern wird dieſer Unterſchied verſchwindend klein, weil bei ihnen das Innere der Mauer ja auch, wie beim Binderverband, aus lauter Bindern beſteht.

Fig. 46.



Nach *Rankine*[26]) follte die Anzahl von Läufer- und Binderfchichten von der bezüglichen Wichtigkeit der Längen- oder Querfeftigkeit abhängen. Nach ihm ift das Verhältnis von einer Binderfchicht auf je zwei Läuferfchichten dasjenige, welches der Mauer gleiche Zugfeftigkeit in der Längen-, wie in der Querrichtung verleiht und welches fonach in gewöhnlichen Fällen als das befte angefehen werden kann. Er fagt weiter: »Bei einer Fabrikeffe ift Feftigkeit in der Längenrichtung, welche einer Kraft, die den Schornftein zu fpalten ftrebt, widerfteht, von gröfserer Wichtigkeit, als wie die Feftigkeit in der Querrichtung; deshalb ift es bei folchen Bauten rätlich, verhältnismäfsig mehr Läufer, alfo drei bis vier Läuferfchichten auf eine Binderfchicht anzuwenden.«

Jedenfalls wird bei einem derartigen Verband die Abweichung vom erften Hauptgrundfatz für alle Verbände fehr grofs. Weiter ift zu berückfichtigen, dafs die lotrechte Druckrichtung fchon durch das Eigengewicht des Materials, aufserdem aber durch Gebälke und deren Belaftungen, die bei weitem häufigfte ift und diefe nicht blofs einen Verband in der Längenrichtung, fondern auch in der Querrichtung verlangt. Es wird daher für die gewöhnlichen Fälle dem Kreuzverband fein Vorzug gewahrt bleiben müffen. Der Vorzug des Kreuzverbandes vor dem Blockverband wird übrigens nur bei fchwächeren Mauern entfchieden zum Ausdruck gelangen, da bei ftärkeren Mauern der Unterfchied zwifchen beiden Verbänden nur in den $^1/_2$ Stein breiten Läuferreihen vorhanden ift, alfo nicht ftark in das Gewicht fallen kann.

Lotrechten Drücken auf eine Mauer gleich zu achten find Beanfpruchungen derfelben, die infolge von ungleichen Senkungen des Fundamentes zu ftande kommen.

Drücke in der Längenrichtung der Mauer ergeben fich im Hochbau meift durch Ueberwölben von Oeffnungen in derfelben, Drücke in der Querrichtung durch gegen diefelbe gefpannte Gewölbe und Bogen, für welche befonderen Fälle fich der Blockverband, bezw. der Binderverband als die günftigften Verbände herausftellten; der Kreuzverband fteht ihnen aber auch hier nicht viel nach. Da aber diefe Beanfpruchungen in der Regel zufammen mit der in lotrechter Richtung auftreten und für diefen häufigften Fall der Kreuzverband der günftigfte ift, fo erfcheint der Vorzug, der demfelben in der Regel vor den übrigen eingeräumt wird, als begründet.

Auf die Mauern können unter Umftänden auch Drücke in wagrechter Richtung oder parallel den Lagerfugenflächen einwirken. Da diefe immer durchgehen, fo find für diefen Fall alle Verbände gleichwertig. Treten folche Drücke vereinzelt auf, fo werden um fo weniger fchädliche Verrückungen eintreten, je mehr Verband innerhalb der einzelnen Schichten vorhanden ift, d. h. je weniger Stofsfugen durch die ganze Schicht hindurch laufen.

2) Zufammenftofs von Mauern unter rechtem Winkel.

35. Arten des Zufammenftofses.

Gefchloffene Räume ergeben fich durch den Zufammenftofs von Mauern. Diefer erfolgt meift unter rechtem Winkel und kann in der Weife ftattfinden, dafs zwei Mauern entweder eine Ecke bilden oder dafs eine Mauer auf die Flucht einer anderen trifft oder dafs fie fich durchkreuzen. Alle diefe Fälle laffen fich auf die fchon befprochene Herftellung der lotrechten Endigung einer Mauer zurückführen[27]), nur dafs hier der Abfchlufs der einzelnen Schichten abwechfelnd in der einen und der anderen Mauer aufzufuchen ift. Es follen die einzelnen Fälle für die verfchiedenen Mauerftärken für fich behandelt werden, aber nur für den Block- und den Kreuzverband und nur für Verwendung von Dreiquartieren zur Herftellung des Schichtenabfchluffes.

---

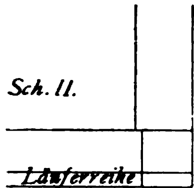
26) In: Handbuch der Bauingenieurkunft. Deutfch von F. Kreuter. Wien 1880. S. 431.

27) Siehe Art. 25—28 (S. 23—27).

36. Mauerecke.

Befolgt man bei der Anlage von ganzen Mauerſyſtemen die Regel, eine in derſelben Höhe durchlaufende Schicht in den parallel laufenden Mauern nur als Binderſchicht oder nur als Läuferſchicht auszuführen, ſo ergibt ſich daraus, daſs an einer Ecke eine Binderſchicht mit einer Läuferſchicht zuſammentreffen muſs. Es gilt dies auch für Mauerſtärken, die einer ungeraden Zahl von Steinbreiten entſprechen, wenn man nur durchgängig die Bezeichnung Läufer- oder Binderſchicht von derſelben Seite der Mauer ableitet. Die Herſtellung des Eckverbandes erfolgt dann in der Weiſe, daſs man immer die Läuferſchicht bis zur anderen Mauerflucht

Fig. 47.



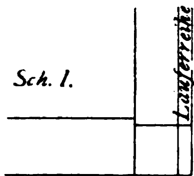
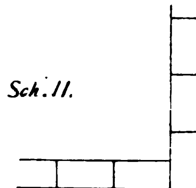


Fig. 48.



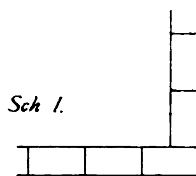
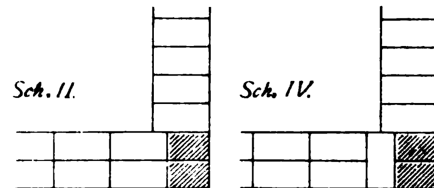
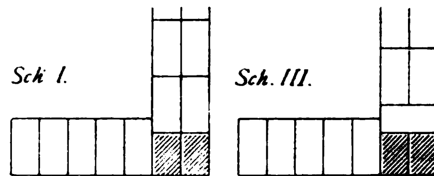


Fig. 49.





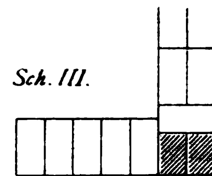
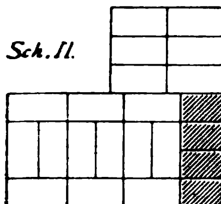
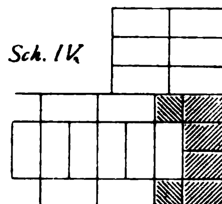
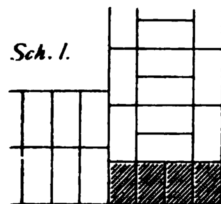


Fig. 50.







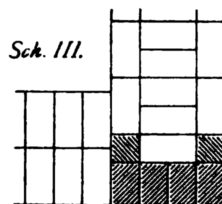
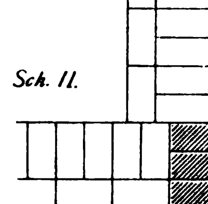
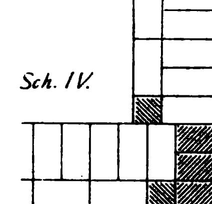
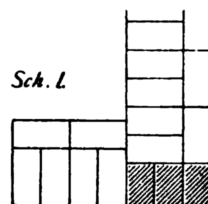
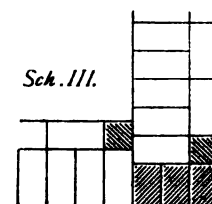


Fig. 51.





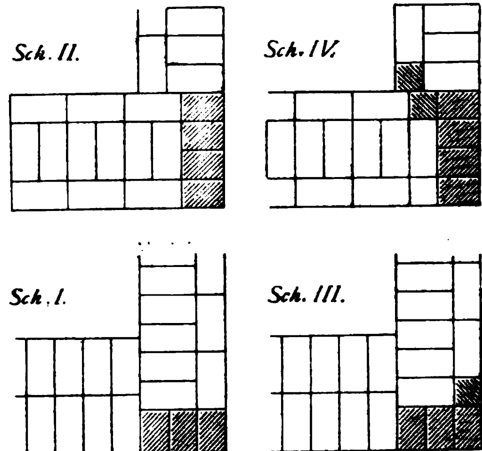




durchlaufen läſst (ſiehe das Schema in Fig. 47) und dort nach den Regeln abſchlieſst, wie ſie für die lotrechte Endigung der Mauern gegeben worden ſind, d. h. dort ſo viele Dreiquartiere als Läufer nebeneinander legt, als die betreffende Mauer Steinbreiten zur Dicke hat; dieſe erſcheinen dann als Binder in der anderen Mauerflucht. Eine Ausnahme macht nur die Ecke von $^1/_2$ Stein ſtarken Mauern, bei welcher die Schichten durch ganze Steine geſchloſſen werden, der ſog. Schornſteinverband (ſiehe Fig. 48). Als Beiſpiele mögen obenſtehend dienen: die rechtwinkelige Ecke von zwei 1 Stein ſtarken (Fig. 49), 2 Stein ſtarken (Fig. 50), $1^1/_2$ Stein

ftarken (Fig. 51) Mauern, fowie die Ecke, gebildet von einer $1^1/_2$ Stein ftarken und einer 2 Stein ftarken Mauer (Fig. 52). In diefen Beifpielen find die Schichten *I* und *II* zur Herftellung des Blockverbandes, die Schichten *I* bis *IV* zur Herftellung des Kreuzverbandes auf allen Seiten erforderlich. Aus diefen Abbildungen ift erfichtlich, dafs immer die innere Flucht der Läuferfchicht der einen Mauer als Stofsfuge durch die andere Mauer hindurchgeht, und dafs die der inneren Ecke (dem Winkel) zunächft liegende durchgehende Stofsfuge der Läuferfchicht um $^1/_4$ Stein vom Winkel entfernt liegt (fiehe das Schema in Fig. 47).

Fig. 52.



37. Anfchlufs einer Mauer an eine andere. Der zweite Fall, dafs eine Mauer rechtwinkelig auf die Flucht einer anderen trifft, kommt gewöhnlich beim Anftofs von Scheidemauern an eine Umfaffungs- oder Mittelmauer vor. Wir wollen die erftere daher kurzweg Scheidemauer nennen. Es gelten hier ähnliche Regeln, wie bei der rechtwinkeligen Ecke. Man läfst die Läuferfchicht der einen Mauer (der Scheidemauer) bis zur äufseren Flucht der anderen (der Hauptmauer) hindurchlaufen, bezw. diefe mit der inneren Flucht am Ende der Scheidemauern vorübergehen (fiehe das Schema in Fig. 53). Nur die Läuferfchichten der Scheidemauer erfordern am Zufammenftofs die Endigung mit Dreiquartieren, von denen wieder fo viele am Ende nebeneinander angeordnet werden, als die Scheidemauer Steinbreiten in der Dicke zählt. Eine Ausnahme machen hier die Fälle, in denen zwei $^1/_2$ Stein ftarke Mauern zufammenftofsen (Fig. 54) oder eine $^1/_2$ Stein ftarke Scheidemauer auf eine ftärkere Mauer trifft (Fig. 55).

Fig. 53.

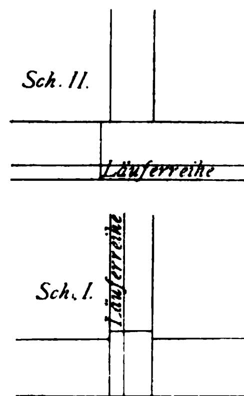
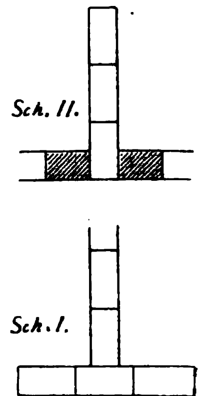


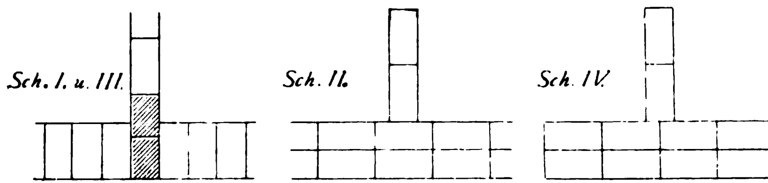
Fig. 54.



Im erfteren Falle werden zu beiden Seiten der durchgehenden Schicht der Scheidemauer Dreiquartiere erforderlich. Im zweiten Falle (die ftärkere Mauer in Fig. 55 ift 1 Stein ftark angenommen) müffen in der durchgehenden Schicht der $^1/_2$ Stein ftarken Scheidemauer zwei Dreiquartiere als Läufer hintereinander gelegt werden. In allen anderen Fällen gilt die angegebene Regel, zu der noch kommt, dafs die den Winkeln zunächft liegenden durchgehenden Stofsfugen der durchlaufenden Schichten gegen die Fluchten der ftumpf anftofsenden Schicht um $^1/_4$ Steinlänge verfchoben find. Die Beifpiele in Fig. 56 bis 59 verdeutlichen dies. Die Schichten *I* und *II* genügen zur Herftellung des Blockverbandes, während die Schichten *I* bis *IV* zur Herftellung des Kreuzverbandes notwendig find.

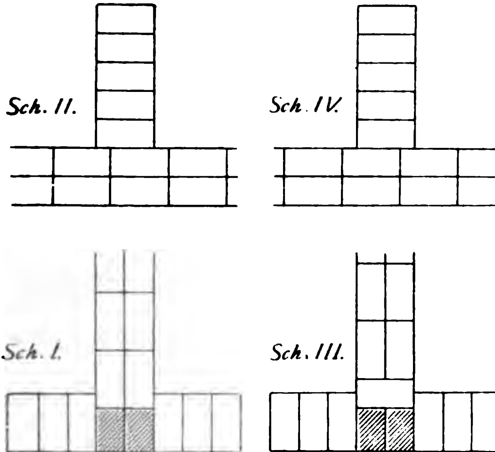
38. Durchkreuzung von Mauern. Auch für den dritten Fall: der rechtwinkeligen Durchkreuzung von Mauern, find ähnliche Regeln mafsgebend. Man läfst die Läuferfchichten ungeftört durch die andere Mauer hindurchgehen und hat nur darauf acht zu geben, dafs die den Winkeln zunächft befindlichen durchgehenden Stofsfugen derfelben um $^1/_4$ Stein-

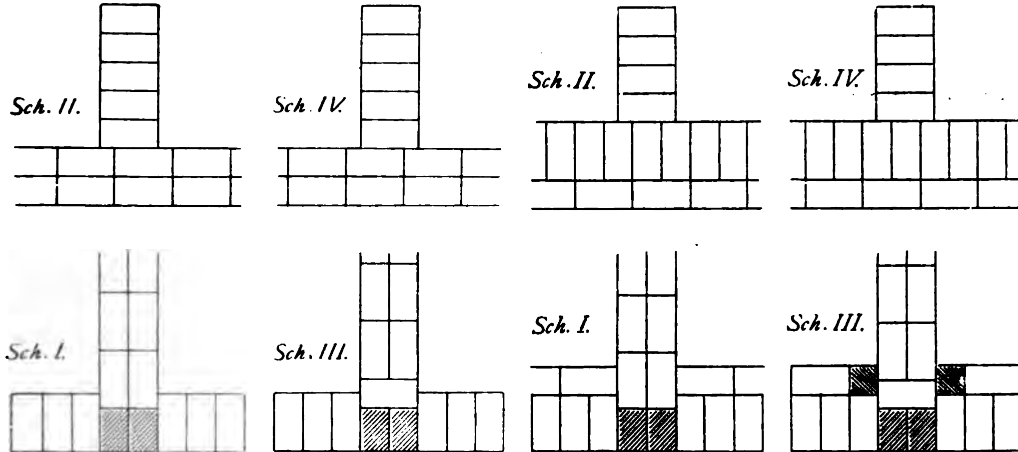
Fig. 55.



länge von den Winkeln entfernt liegen (siehe das Schema in Fig. 60). Fig. 61 bietet ein regelrechtes Beispiel hierfür. Nur in denjenigen Fällen, in denen eine

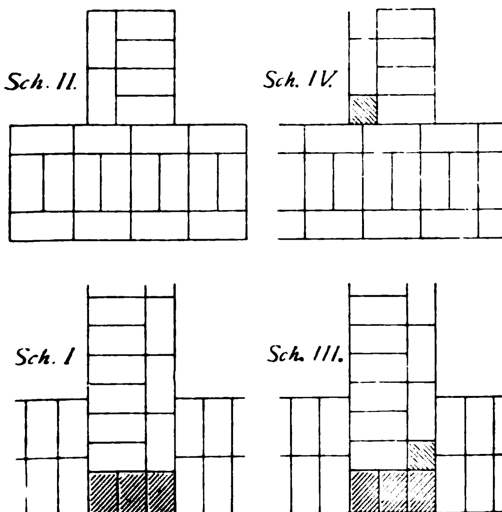
Fig. 56. Fig. 57.

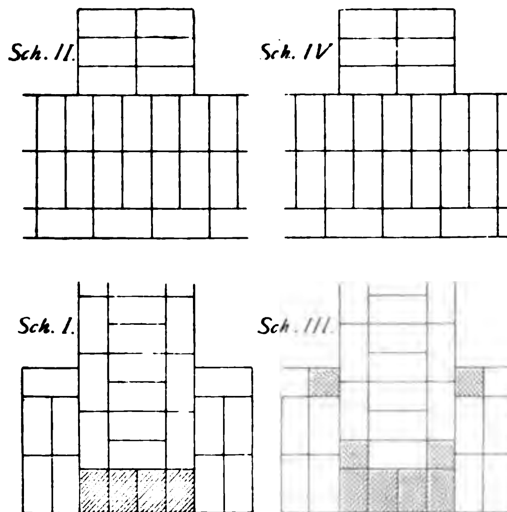




½ Stein starke Mauer eine gleich starke oder eine stärkere durchkreuzt, sind Abweichungen in der Verbandanlage der ½ Stein starken Mauern notwendig. Es müssen Dreiquartiere angeordnet werden, um den regelrechten Stoßfugenwechsel der

Fig. 58. Fig. 59.





übereinander folgenden Schichten herbeizuführen (Fig. 62 u. 63). Für den Blockverband braucht man nur die Schichten *I* und *II*, für den allfeitigen Kreuzverband die Schichten *I* bis *IV*.

Bei der Durchkreuzung von Mauern tritt häufig der Fall ein, dafs fich über den Kreuzungspunkt hinaus die Mauerftärken verändern. Hierbei find die für den Anfchlufs von Scheidemauern und für die Durchkreuzung vorgeführten Regeln zufammen zu verwenden. Man läfst die Läuferfchichten durchgehen und fchliefst fie da, wo fie nicht weiter laufen können, mit Dreiquartieren ab. Auch ift immer wieder darauf genau zu achten, dafs die durch eine Läuferfchicht durchgehenden Stofsfugen um ¼ Steinlänge gegen die Winkel verfchoben find. Ein Beifpiel bietet Fig. 64 mit den für allfeitigen Kreuzverband erforderlichen

Fig. 60.

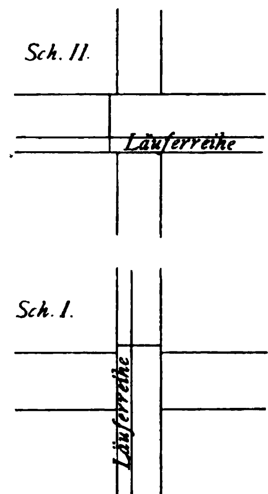


Fig. 61.

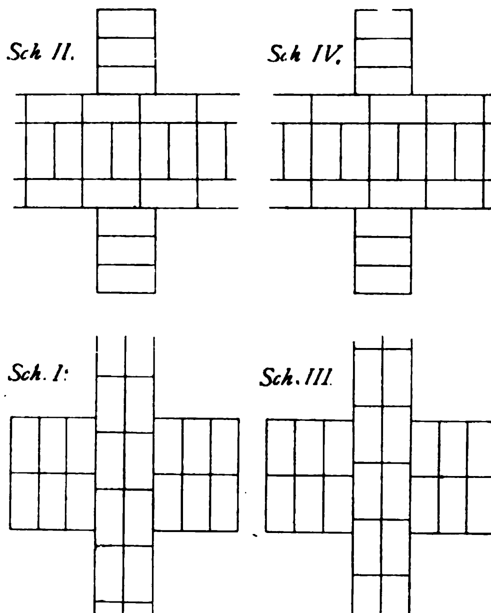


Fig. 62.

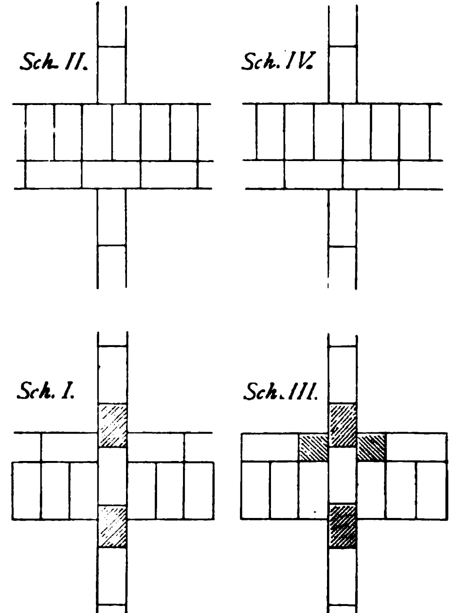


Fig. 63.

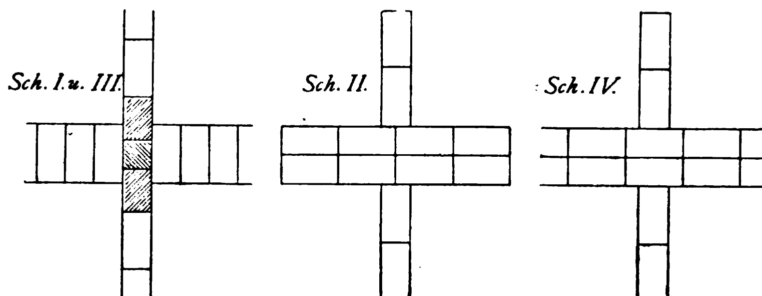
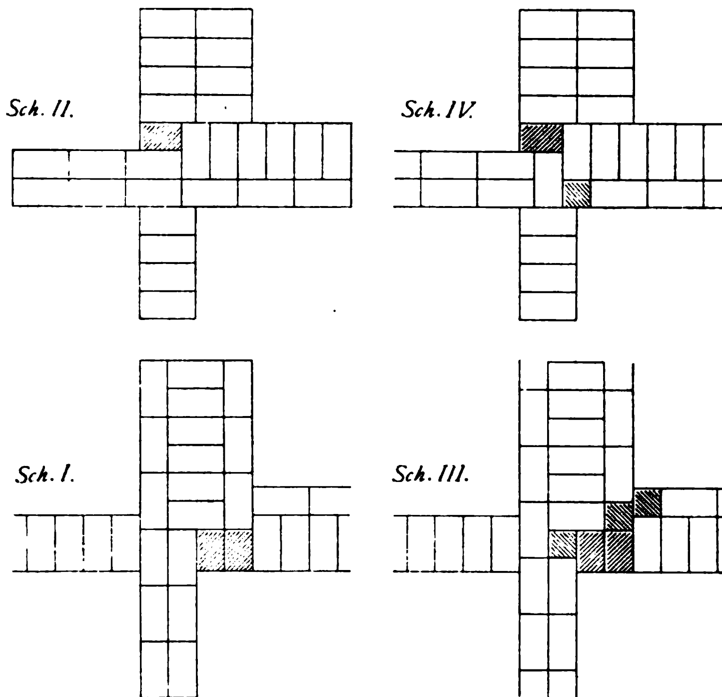


Fig. 64.



vier Schichten. Die richtige Anordnung der Dreiquartiere ift bei derartigen zufammengefetzteren Fällen die Hauptfache.

3) Zufammenftofs von Mauern unter fchiefen Winkeln.

In den Gebäuden kommt häufig der Fall vor, dafs zwei oder mehrere Mauern unter fchiefen Winkeln zufammenftofsen. Handelt es fich dabei nur um zwei Mauern, fo können diefe wieder entweder eine Ecke bilden oder fich aneinander anfchliefsen oder fich durchkreuzen. Für diefe Fälle gelten natürlich auch die allgemeinen Regeln für alle Backfteinverbände, insbefondere aber, foweit möglich, die Regeln für den rechtwinkeligen Zufammenftofs. Die Eckanlage erfordert hier jedoch ganz befondere Aufmerkfamkeit. Die fchiefwinkelige Ecke kann man der Natur der Sache nach nicht mit rechtwinkeligen Steinen herftellen; fondern man mufs die Steine nach dem zwifchen den zufammenftofsenden Mauern vorhandenen Winkel verhauen, wenn man nicht befondere Formfteine verwenden kann. Die Befchaffung der letzteren wird fich empfehlen, wenn an einem Gebäude vielfach derfelbe Winkel zwifchen den Mauern vorkommt. In beiden Fällen dürfen aber diefe Eckftücke nicht zu klein angenommen werden. Bei den zugehauenen Steinen müffen die in die äufseren Fluchten fallenden möglichft wenige verhauene Flächen nach aufsen hin erhalten, da durch das Verhauen die etwas angefinterte und deshalb befonders witterungsbeftändige Aufsenkrufte der Mauerfteine entfernt wird. Ebenfo müffen diefelben möglichft genau zugehauen werden, was für die in das Innere der Mauer fallenden nicht in folchem Mafse notwendig ift. Auf die Ecke darf nie eine Stofsfuge treffen; auch find fpitze Winkel der Steine an den Aufsenflächen möglichft zu vermeiden. Alle Stofsfugen müffen wo möglich fenkrecht zu den Mauerfluchten ftehen. Wie bei allen Ziegelverbänden ift auch hier der Stofsfugenverband immer einzuhalten,

39. Mauerecke.

und es find möglichft wenige Teilfteine zu verwenden. Am einfachften find die Aufgaben beim fchiefwinkeligen Zufammenftofs von zwei Mauern zu löfen, wenn auch hier der Grundfatz feftgehalten wird, dafs in einer und derfelben Schicht an der Aufsenfeite die Steine in der einen Mauer als Binder, in der anderen als Läufer liegen. Die einfachere und den allgemeinen Regeln entfprechendere Löfung läfst im allgemeinen die ftumpfwinkelige Ecke zu, die daher zuerft behandelt werden foll.

40. Stumpfwinkelige Ecke.

Der ftumpfwinkelige Eckverband von gleich ftarken oder in ihrer Stärke wenig verfchiedenen, nicht zu ftumpfwinkelig aufeinander treffenden Mauern (der Winkel darf ca. 135 Grad nicht überfteigen), läfst eine ähnliche Behandlung wie der rechtwinkelige zu. Während man bei letzterer abwechfelnd die inneren Fluchten beider Mauern als Stofsfugen durchgehen läfst, läfst man bei der ftumpfwinkeligen Ecke von der inneren Ecke (dem Winkel) aus abwechfelnd in den aufeinander folgenden Schichten eine Stofsfuge fenkrecht zur einen und anderen Mauer ausgehen. Am zweckmäfsigften gehört diefe durchlaufende Stofsfuge zur Binderfchicht (die Bezeichnung Binder- oder Läuferfchicht ift nach dem Ausfehen der Schicht an der ausfpringenden Seite der Ecke zu wählen). Die dem Winkel zunächft liegenden Stofsfugen der Läuferfchicht find auch hier um 1/4 Stein gegen den Winkel zu verfetzen (fiehe das Schema in Fig. 65, worin die Linien *a b* die vom Winkel aus fenkrecht zur Mauerflucht durchgehende, *c d* die um 1/4 Stein verfetzte Stofsfuge bedeuten). Unter Fefthaltung der eben angegebenen Regeln bei gleich ftarken Mauern ergibt fich ein ganz gleich geformter Eckftein in allen Schichten, nur abwechfelnd in umgekehrter Lage. Es erleichtert dies die Verwendung von Formfteinen.

Fig. 65.

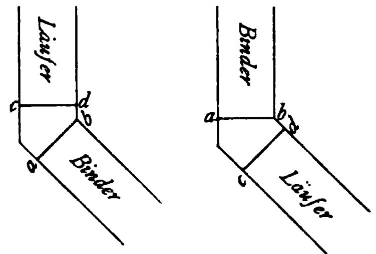


Fig. 66.

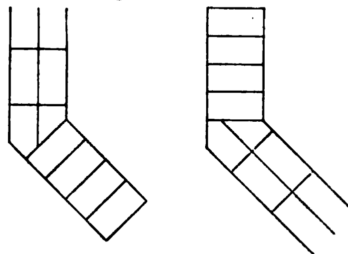


Fig. 67.

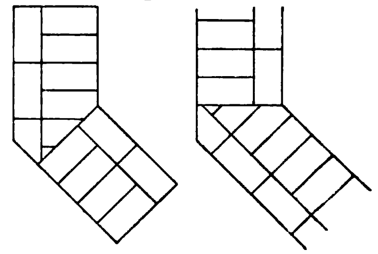


Fig. 68.

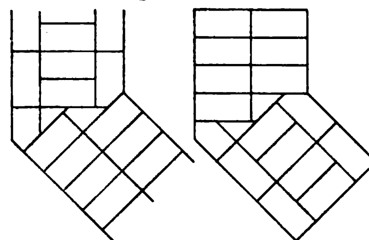
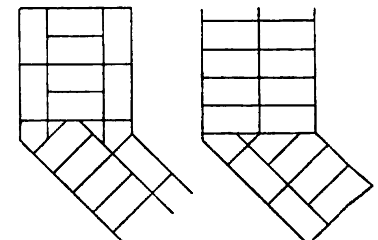
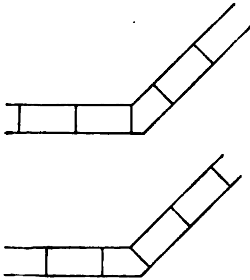
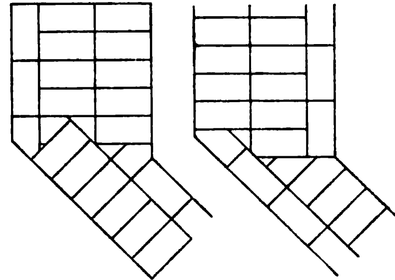


Fig. 69.



Die beiden äufseren Seiten des Eckfteines haben dabei einen Längenunterfchied von 1/4 Stein. Zugehauene Steine können nur dann zur Anwendung gelangen, wenn die gewöhnliche Steinlänge ausreicht, was nur bei nicht fehr ftumpfen Winkeln der Fall ift. Die Beifpiele in Fig. 66 bis 69 werden das Gefagte erläutern. Es find in denfelben aber nur die Schichten für den Blockverband gegeben; die für den Kreuzverband erforderlichen werden nach den früheren Beifpielen leicht hinzukonftruiert werden können. Bei 1/2 Stein ftarken Mauern (Fig. 70) ift die dem Winkel zunächft liegende Stofsfuge um 1/2 Stein von demfelben entfernt. Die Beifpiele in Fig. 67 u. 68 zeigen, dafs die um 1/4 Stein vom Winkel entfernt liegende Stofsfuge nicht immer die dem Schema in Fig. 65 entfprechende Lage erhalten kann, weil fonft der Eckftein zu lang werden würde.


Fig. 70.


Fig. 71.

Beim Zufammenftofs von fehr verfchieden ftarken Mauern oder von verfchieden ftarken Mauern, die einen fehr ftumpfen Winkel bilden, laffen fich die Eckverbände nicht in der angegebenen Weife herftellen, weil in diefen Fällen die eine vom Winkel fenkrecht zur einen Mauerflucht ausgehende Stofsfuge entweder fehr nahe an die Ecke oder erft auf die Verlängerung der bezüglichen Mauerflucht trifft, alfo die andere unter fpitzem Winkel fchneiden mufs, was unzuläffig ift. Man ordnet dann eine vom Winkel aus durchgehende Stofsfuge in der Binderfchicht der fchwächeren Mauer an, während man die in der darauf folgenden Schicht vom Winkel ausgehende Stofsfuge der ftärkeren Mauer bis an die äufsere Läuferreihe der fchwächeren gehen läfst. Die um $^1/_4$ Stein vom Winkel entfernten Stofsfugen gehen fo weit, als dies der Verband zuläfst. Es genüge ein Beifpiel (Fig. 71) für diefen Fall.

Will man an der Aufsenfeite der Mauerecke das regelmäfsige Verbandmufter bis ganz an die Ecke heranführen, was bei Backfteinrohbauten in Frage kommen kann, fo mufs man auch mit der Beftimmung der Gröfse des Eckfteines den Anfang machen und diefen an der Läuferfeite $^3/_4$ Stein lang und an der Binderfeite $^1/_2$ Stein lang bemeffen, wenn dies die Gröfse des Winkels bei der gewöhnlichen Steinlänge geftattet. Anderenfalls ift man gezwungen, befondere Formfteine anzuwenden. Aber auch dann ergibt fich in der Regel am inneren Winkel ein fchlechter Verband.

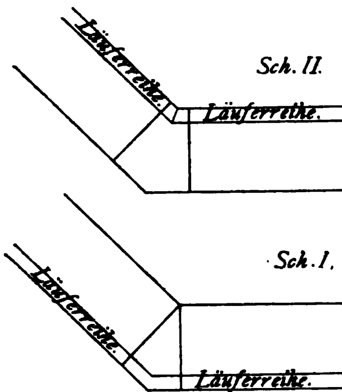


Fig. 72.

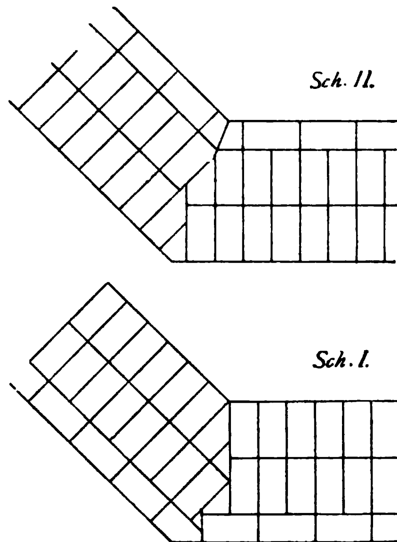


Fig. 73.

Sind auf beiden Seiten der ftumpfwinkeligen Ecke die Schichten gleichartig, d. h. laufen in denfelben Höhen Läuferreihen oder Binderreihen um die Ecke herum, fo ift die Verbandanlage dahin zu ändern, dafs man vom Winkel nach beiden Mauerfluchten hin fenkrechte Stofsfugen in derfelben Schicht ausgehen läfst, in der darauf folgenden Schicht ebenfalls zwei folche, die aber vom Winkel um $^1/_4$ Stein entfernt find (fiehe die Schichten *I* und *II* im Schema von Fig. 72). Für die Schicht *I* ift es zweckmäfsig, dafs an den inneren Fluchten der Mauern Binder liegen. In der Schicht *II* kann man, um Formfteine am Winkel zu vermeiden, dafelbft die Läufer mit diagonaler Stofsfuge zufammenfchneiden laffen. Fig. 73 gibt als Beifpiel die ftumpfwinkelige Ecke zweier $2^1/_2$ Stein ftarken Mauern.

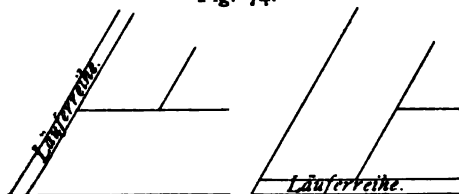


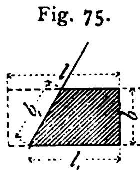
Fig. 74.

41. Spitzwinkelige Ecke.

Der Eckverband der unter fpitzem Winkel zufammentreffenden Mauern ift in der Weife zu behandeln, dafs man die äufsere Läuferreihe der Läuferfchicht bis zur Ecke fortlaufen läfst und mit dem nach dem gegebenen Winkel zugehauenen Eckftein fchliefst. Bis an diefe Läuferreihe führt man die Binderfchicht der anderen Mauer heran, fo dafs alfo die innere Flucht derfelben bis dahin als Stofsfuge fortläuft.

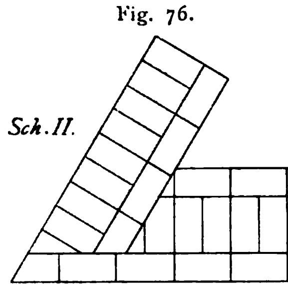
Man fehe das Schema in Fig. 74, worin die eben gedachte Anordnung veranfchaulicht ift.

Fig. 75.



Die Einrichtung des regelrechten Stofsfugenwechfels zwifchen den Schichten erzielt man dadurch, dafs man die Länge l_1 des Eckfteines gleich macht der Länge b_1 des fchräg zugehauenen Hauptes zuzüglich ¼ Stein ($l_1 = b_1 + \frac{1}{4}$ in Fig. 75). Derfelbe Eckftein läfst fich dann in allen Schichten verwenden, nur abwechfelnd in umgekehrter Lage. Fig. 76 u. 77 geben Beifpiele für den Eckverband von zwei ungleich ftarken und zwei gleich ftarken Mauern.

Fig. 76.



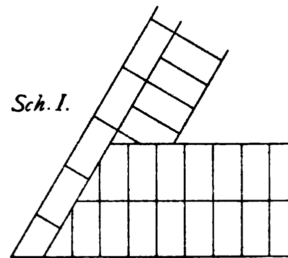
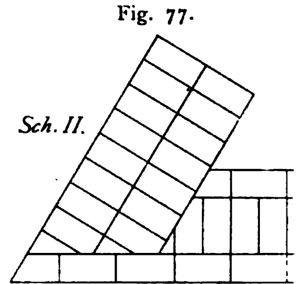
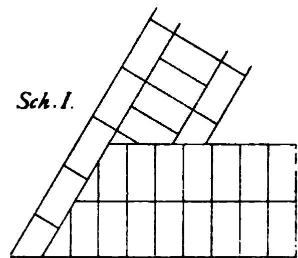


Fig. 77.



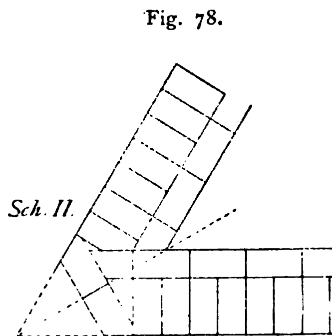


42. Abgeftumpfte fpitzwinkelige Ecke.

Beim fpitzwinkeligen Zufammenftofs von zwei Mauern kann es, namentlich wenn der Winkel ziemlich klein ift, wünfchenswert erfcheinen, die Ecke abzuftumpfen. Ift die Abftumpfung fo grofs, dafs der fpitze Winkel im Inneren verfchwindet, fo hat man es mit drei Mauern und zwei ftumpfwinkeligen Ecken zu thun, alfo nicht mit etwas Neuem. Bleibt dagegen auf der Innenfeite der fpitze Winkel, fo bietet diefer Fall Anlafs zu befonderer Befprechung.

An der Abftumpfungsfläche, die fenkrecht zur Mittellinie des fpitzen Winkels zwifchen den beiden Mauerfluchten zu legen ift, damit zwei gleiche äufsere ftumpfwinkelige Ecken gebildet werden, müffen des regelrechten Verbandes wegen Läufer- und Binderfchichten miteinander abwechfeln. Des guten Ausfehens, aber auch der einfacheren Konftruk-

Fig. 78.



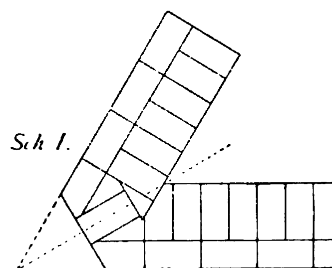
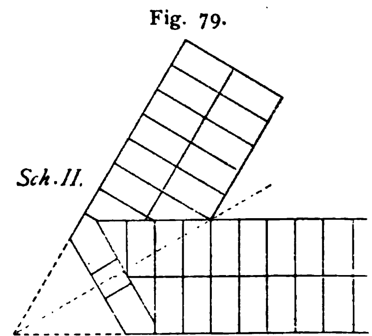
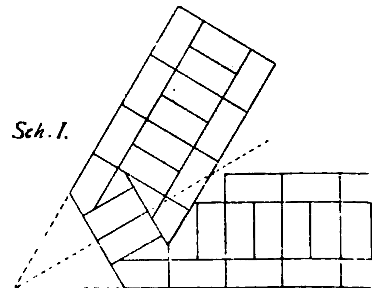


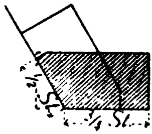
Fig. 79.





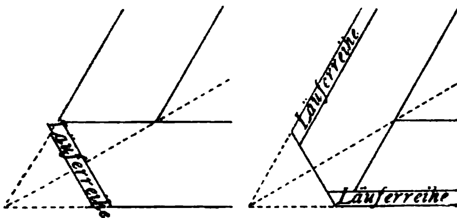
tion halber iſt es dann zweckmäſsig, von der bisher allenthalben durchgeführten Regel, in einer und derſelben Schicht in der einen der die Ecke bildenden Mauern auſsen eine Läuferreihe, in der anderen eine Binderreihe anzuordnen, abzuſehen und den Fall ſo aufzufaſſen, als gehörte die Abſtumpfungsfläche einer dritten Mauer an. Es werden dann in derſelben Schicht in den beiden Mauern gleichzeitig auſsen Läufer oder Binder ſich befinden, an der Abſtumpfungsfläche dagegen Binder oder Läufer (ſiehe das Schema in Fig. 81).

Fig. 80.



Die Breite der Abſtumpfung beſtimmt ſich ſo, daſs zwiſchen den beiden ſchräg zugehauenen Eckſteinen ein oder zwei Binderhäupter Platz haben. Die Gröſse und Form der Eckſteine ſind in der Weiſe zu ermitteln, daſs man den einen Schenkel des ſtumpfen Winkels $^{3}/_{4}$ Stein, den anderen (den ſchräg zuzuhauenden) $^{1}/_{2}$ Stein lang macht (Fig. 80). Sollte ſich der Stein dann immer noch zu lang ergeben, ſo muſs man beide Schenkel ſo verkürzen, daſs dabei der Unterſchied der Schenkellängen immer $^{1}/_{4}$ Stein bleibt. Es ſind dann in allen Schichten dieſelben Eckſteine, nur abwechſelnd in umgekehrter Lage, verwendbar. Die Eckanlage iſt ſonſt ähnlich wie bei der ſpitzwinkeligen Ecke, indem man abwechſelnd die eine oder die andere der inneren Mauerfluchten als Stoſsfuge ſo weit durchführt, als dies möglich oder zweckmäſsig erſcheint. In Fig. 78 u. 79 ſind Beiſpiele zur Erläuterung gegeben.

Fig. 81.



Der ſchiefwinkelige Anſchluſs einer Mauer an eine andere wird in der Weiſe behandelt, daſs man die anſchlieſsende Scheidemauer in einer Schicht um die andere nicht bis an die äuſsere Flucht der Hauptmauer durchlaufen läſst, ſondern nur bis hinter die daſelbſt angeordnete Läuferreihe (ſiehe das Schema in Fig. 82), wodurch die zu verhauenden Steine in das Innere der Mauer kommen. Das Eingreifen oder Einbinden der Scheidemauer erfolgt alſo in den Läuferſchichten der Hauptmauer. Auch hier iſt wieder die Regel zu befolgen, daſs die dem ſpitzen Winkel zunächſt liegende durchlaufende Stoſsfuge *a b* der Scheidemauer um $^{1}/_{4}$ Stein vom Winkel entfernt liegen muſs. Weiter erſcheint es zweckmäſsig, in der Hauptmauer eine durchlaufende Stoſsfuge *c d* in der in Fig. 82 angegebenen Weiſe anzuordnen. Es möge das Beiſpiel in Fig. 83: der Anſchluſs einer $1^{1}/_{2}$ Stein ſtarken Scheidemauer an eine 2 Stein ſtarke Hauptmauer, genügen. 43. Anſchluſs einer Mauer an eine andere.

Fig. 82.

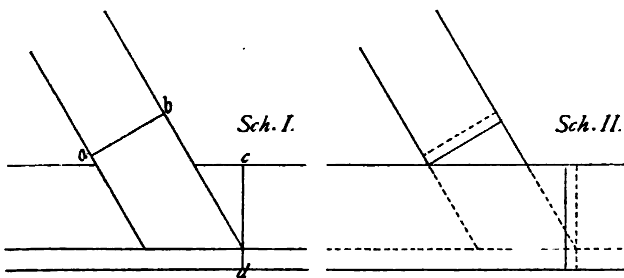
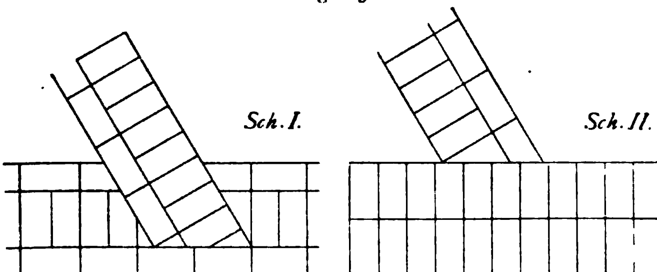


Fig. 83.



Die ſchiefwinkelige Durchkreuzung iſt nur die Verallgemeinerung des Falles der rechwinkeligen. Wie das Schema in Fig. 84 zeigt, gelten genau dieſelben 44. Durchkreuzung zweier Mauern.

Regeln, wie fie früher für die rechtwinkelige Durchkreuzung ausführlich befprochen wurden. Auch hier ift, wegen der Einrichtung des Verbandes, in den aufeinander folgenden Schichten wohl darauf zu achten, dafs in der durchlaufenden Schicht eine durchgehende Stofsfuge um $^1/_4$ Stein entfernt von einem der Winkel angeordnet werden mufs. Ein befonderes Erläuterungsbeifpiel erfcheint hier nicht notwendig.

45. Zufammenftofs von mehreren Mauern.

Es kommt bei Bauwerken öfter der Fall vor, dafs mehr als zwei Mauern unter beliebigen Winkeln in einem Punkte zufammenftofsen. Je nach der Anzahl der zufammentreffenden Mauern, der Stärke derfelben und den Winkeln, unter denen fie zufammentreffen, mufs die Löfung diefer Aufgaben eine verfchiedene werden. Es dürfte zu weit führen und auch überflüffig fein, eine grofse Zahl folcher Fälle zu erörtern. Es möge nur der eine Fall hier nähere Befprechung finden, wenn drei Mauern in einem Punkte zufammenftofsen. Die allgemeine Löfung diefer Aufgabe ift die, dafs man zwei der Mauern als eine Ecke bildend anfieht und die dritte dann in einer Schicht um die andere in die Ecke

Fig. 84.

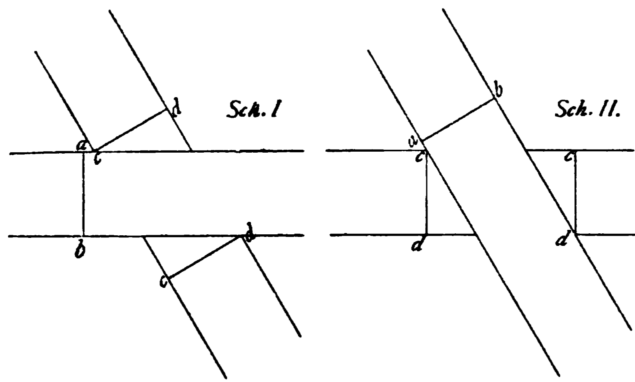


Fig. 85.

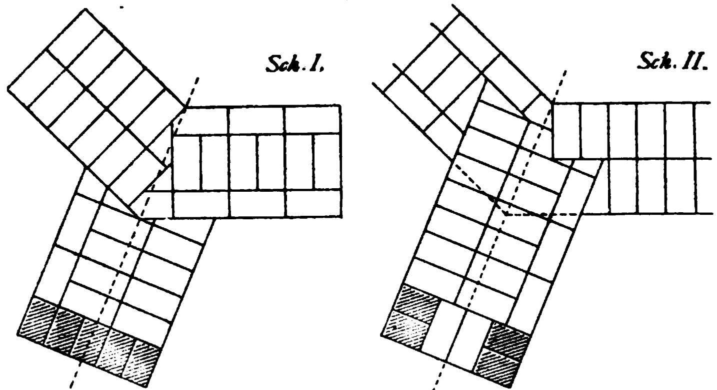
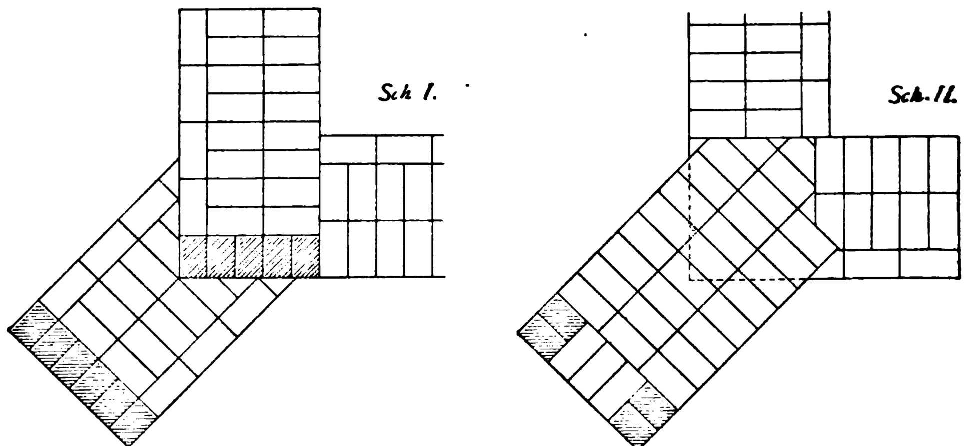


Fig. 86.



einbindet, während man ſie in den übrigen Schichten nur ſtumpf anſtoſsen läſst. Jeder beſondere Fall wird überdies noch unter Berückſichtigung der gegebenen Verhältniſſe und Feſthaltung der allgemeinen Regeln ſeine eigene Behandlung zulaſſen.

Das wichtigſte Vorkommen des Zuſammenſtoſses von drei Mauern dürfte das ſein, daſs an eine Ecke, an eine rechtwinkelige oder ſtumpfwinkelige, ſich ein Strebepfeiler in diagonaler, den Winkel der beiden die Ecke bildenden Mauern halbteilender Richtung anlegt. Die beigefügten Beiſpiele in Fig. 85 u. 86 werden das einzuſchlagende Verfahren erläutern, obgleich dieſes, wie ſchon geſagt, je nach den vorliegenden Verhältniſſen Umänderungen erheiſcht. Gleichmäſsiger Anſchluſs des Strebepfeilers an beide Seiten der Mauerecke läſst ſich erzielen, wenn die beiden die Ecken bildenden Mauern nach auſsen hin gleichartige Schichtenbildung in gleicher Höhe zeigen. Es hat dies aber wenig wirklichen Wert, da der Anſchluſs beider Seiten nicht gut gleichzeitig geſehen werden kann.

4) Beliebige Mauerkörper mit rechtwinkeligen Ecken und Winkeln.

Die gewöhnlichen Backſteine eignen ſich infolge ihrer Geſtalt eigentlich nur zur Herſtellung von Mauern mit rechtwinkeligen Ecken und Winkeln, und es ſind deswegen auch nur für den Verband ſolcher klare Regeln aufſtellbar. Daher iſt die Betrachtung hier auf dieſe zu beſchränken. Die Behandlung wird eine etwas verſchiedene ſein müſſen, je nachdem alle Abmeſſungen einem Vielfachen von halben Steinlängen (Steinbreiten) entſprechen oder je nachdem einzelne oder alle Maſse nicht ohne Reſt durch halbe Steinlängen teilbar ſind, ſondern einen Ueberſchuſs von einem Viertelſtein haben. Es wird dabei angenommen, daſs alle Längen von Backſteinmauerwerken als Vielfache von Viertelſteinlängen bemeſſen werden. In der Ausführung vorkommende Abweichungen laſſen ſich leicht ausgleichen. 46. Abmeſſungen.

Der erſte Fall, daſs alle Abmeſſungen eines Mauerkörpers durch halbe Steinlängen ohne Reſt teilbar ſind, iſt der einfachere und mag daher zuerſt zur Behandlung gelangen. Es werden hierbei die Regeln angewendet, welche für die lotrechte Endigung der Mauern (Fig. 87 bei *a*), die rechtwinkelige Ecke (Fig. 87 bei *b*) und den rechtwinkeligen Anſchluſs einer Mauer an eine andere (Fig. 87 bei *c*) unter Benutzung von Dreiquartieren ſchon aufgeſtellt worden ſind. 47. Vielfache von 1/2 Steinlängen.

Das Hauptſächlichſte derſelben mag hier kurz wiederholt werden. Die beiden zur Herſtellung des Blockverbandes notwendigen Schichten enthalten hiernach für die lotrechte Endigung in der einen Schicht ſo viele Dreiquartiere, als die Mauer Steinbreiten dick iſt, hintereinander als Läufer, in der anderen immer nur 2 Paar Dreiquartiere als Binder. Bei der rechtwinkeligen Ecke kommen auf jede Seite derſelben abwechſelnd ſo viele Dreiquartiere, als die beiden die Ecke bildenden Mauern Steinbreiten in der Dicke zählen, als Läufer, und beim rechtwinkeligen Anſchluſs einer Mauer an eine andere legt man in der einen Schicht in der Verlängerung der anſchlieſsenden Mauer und parallel der Richtung derſelben ſo viele Dreiquartiere nebeneinander an die äuſsere Flucht der Hauptmauer, als die anſchlieſsende Steinbreiten dick iſt, während in der darauf folgenden Schicht der Verband der Hauptmauer ununterbrochen durchgeht.

Bei der Anwendung dieſer Regeln für zuſammengeſetzte Mauerkörper, wie ſie hier beſprochen werden ſollen, kommt es nun vor allen Dingen darauf an, die Dreiquartiere zuerſt und richtig zu legen. Dazu gehört:

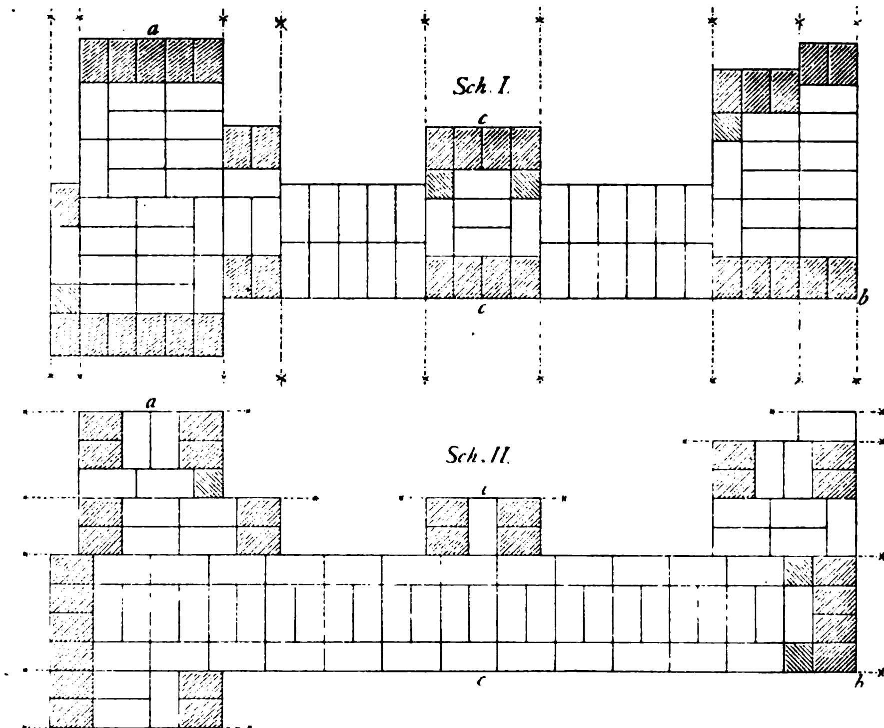
α) Daſs alle Dreiquartiere in einer und derſelben Schicht parallel gerichtet ſind, oder was daſſelbe iſt, daſs nur parallele Seiten der Ecken mit Dreiquartieren beſetzt werden.

Dieſe Forderung wird zum Teile ſchon erfüllt, wenn an der früher aufgeſtellten Regel, daſs an den Ecken und Maueranſchlüſſen in einer Höhe Läufer- und Binderſchichten zuſammentreffen ſollen, feſtgehalten wird.

β) Daſs jedem Dreiquartier auf der einen Seite des Mauerkörpers ein anderes ebenſo gerichtetes auf der anderen Seite entſprechen muſs.

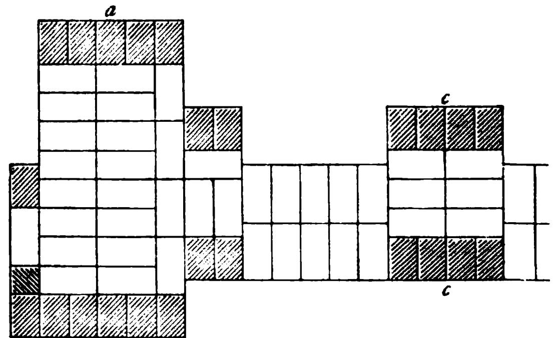
Der Ort für dieſe einander entſprechenden Dreiquartiere iſt leicht dadurch zu finden, daſs man die Schichten durch den Seiten parallele Linien aus allen Eckpunkten in rechteckige Streifen zerlegt und

Fig. 87.



die Richtung derfelben in den aufeinander folgenden Schichten regelmäfsig wechfeln läfst. Die Enden der Streifen werden, den angeführten Regeln entfprechend, mit den Dreiquartieren befetzt (Fig. 87). Die Zwifchenräume zwifchen den Dreiquartieren werden dann noch regelrecht mit ganzen Steinen unter Zuziehen von Zweiquartieren je nach Bedürfnis ausgefüllt.

Fig. 88.



In einzelnen Fällen find durch kleine Abweichungen von den angeführten Regeln Vereinfachungen möglich. So läfst fich z. B. dadurch, dafs man auf der linken Seite der Schicht *I* in Fig. 87, Abteilung *a* die Läuferreihe auf die rechte Seite der Mauer legt, eine einfachere Ausfüllung mit Ganzen erzielen; auch laffen fich die Zweiquartiere bei *c* der Schicht *I* in Fig. 87 vermeiden. Diefe Veränderungen find in Fig. 88 dargeftellt [28]).

Bei Feftftellung der Verbandanordnungen für beliebige Mauerkörper mit rechtwinkeligen Ecken laffen fich anftatt der Dreiquartiere auch die Längsquartiere anwenden. Der Verband mit folchen ift aber fehr unfelbftändig und nicht immer ganz durchführbar. Aus diefen und den fchon früher angeführten Gründen kommt er hier nicht zur Behandlung.

[28]) Die Anlage der Mauerverbände von Mauerkörpern mit rechtwinkeligen Ecken wurde zuerft nach allgemeinen Grundfätzen von *C. v. Brand* behandelt, in deffen Arbeiten fich Ausführlicheres über diefen Gegenftand findet. Es find dies: Praktifche Darftellung des Ziegelverbandes nach einfachen, allgemeinen, bisher unbekannten Gefetzen. Berlin 1864. — Etwas fafslicher gefchrieben, wenn auch nicht fo vollftändig und fo durchgebildet: Ueber Mauerziegelverband. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1862, S. 64.

Die Verbandanlagen von Mauerkörpern, deren Abmeſſungen nicht reine Vielfache von halben Steinlängen ſind, ſondern zu denen noch Viertelſteinlängen treten, laſſen ſich nicht nach ſo ſcharf ausgeprägten Geſetzen beſtimmen, wie dies bei denjenigen der Fall iſt, deren Längen durch halbe Steinlängen ohne Reſt teilbar ſind. Es ſollen dieſe Fälle nach den von *v. Brand* angegebenen Verfahren hier nur andeutungsweiſe behandelt werden. 48. Vielfache von ½ Steinlängen + ¼ Steinlänge.

α) Verfahren des Abſchneidens (Coupierens). Man ergänzt nach dieſem Verfahren die Abmeſſungen ſo, daſs alle zu Vielfachen von halben Steinlängen werden, legt für die ſo ergänzte Figur den Verband nach den früheren Regeln an und ſchneidet darauf das zur urſprünglichen Figur Hinzugefügte wieder ab. Die ſich ergebenden kleineren Steinteile werden nach Möglichkeit zu gröſseren vereinigt.

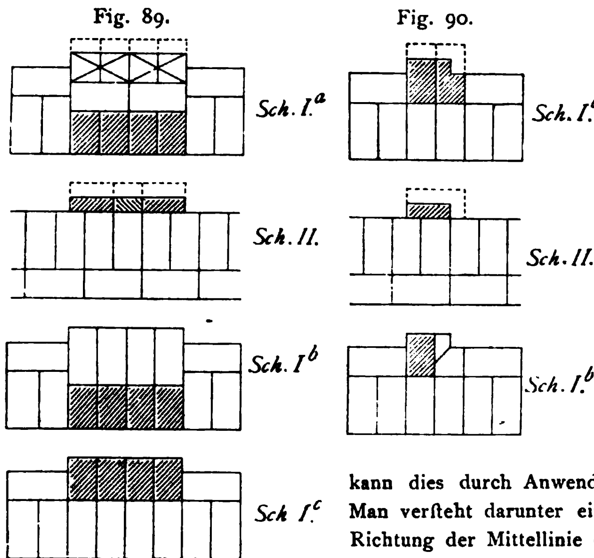


Fig. 89. Fig. 90.

Das zuerſt Hinzugefügte, nachher wieder Abgeſchnittene iſt in den Beiſpielen (Fig. 89 u. 90) durch geſtrichelte Linien, die Vereinigung von Steinteilen durch ein Kreuz angedeutet. Auch laſſen ſich ſonſt noch Verbeſſerungen mitunter anbringen, wie die Schichten *I, b* und *I, c* von Fig. 89 ausweiſen.

Bei der Anwendung dieſes Verfahrens ergeben ſich oft Ausklinkungen von Steinen, die man aber gern zu vermeiden ſucht. Es kann dies durch Anwendung der Viertelſchrägfuge geſchehen. Man verſteht darunter eine von einem Winkel des Grundriſſes in der Richtung der Mittellinie des Winkels ausgehende Fuge von der Länge der Diagonale eines Achtelſteines (Fig. 90, Schicht *I, b*).

β) Verfahren des Zuſammenſchiebens. Dieſes Verfahren findet nur da Anwendung, wo vor einem Hauptkörper von Abmeſſungen, die durch halbe Steinlängen ohne Reſt teilbar ſind, kleinere rechteckige Vorlagen ſich befinden, deren Maſse (eine oder alle beide) in Viertelſteinlängen feſtgeſetzt werden müſſen.

Nach dieſem Verfahren werden beide zum Verband notwendige Schichten für den Hauptmauerkörper wie gewöhnlich feſtgeſtellt. Dann wird in einer Schicht um die andere unter Anwendung der Viertelſchrägfuge ein Stück von der Länge der Vorlage und ¼ Stein breit herausgeſchnitten und ein entſprechendes Stück, vergröſsert um die Vorlage, wieder angeſchoben. Je nach den Umſtänden kommen hierbei ein oder zwei Schrägfugen zur Anwendung (Fig. 91 u. 92). Der Verband der Vorlage wird nach dem Verfahren des Abſchneidens beſtimmt. Kleinere Steinteile der Vorlage laſſen ſich mit ſolchen des Hauptkörpers oft zu gröſseren vereinigen, oder es können noch auf andere Weiſe Verbeſſerungen im Verband angebracht werden. So lieſse ſich an Stelle der Schichtanordnung *II* in Fig. 91 mit Vorteil diejenige der Schicht *I, c* in Fig. 89 verwenden.

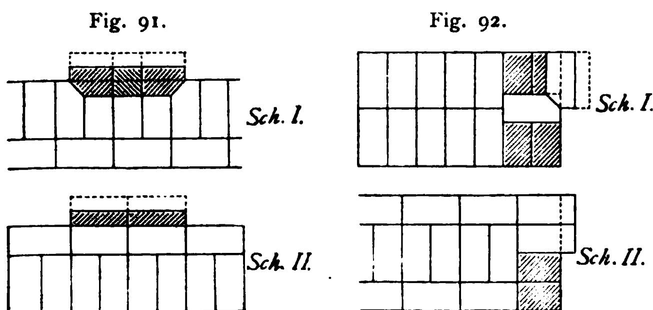
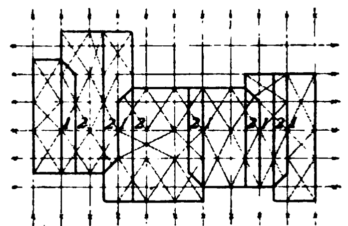


Fig. 91. Fig. 92.

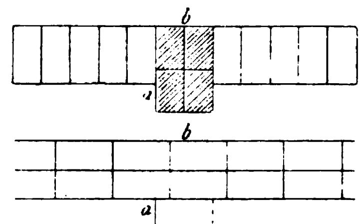
γ) Verfahren der zuläſſigen Fugen. Bei dieſem in allen Fällen anwendbaren Verfahren werden zuerſt eine Anzahl Fugen in der Weiſe beſtimmt, daſs man

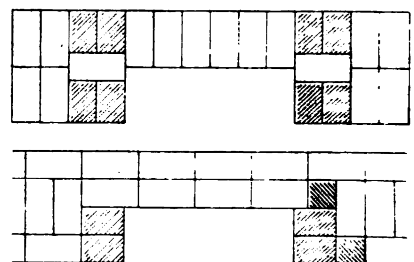
von jedem einspringenden Winkel aus senkrecht zur Längenrichtung des Grundrisses je zwei Fugen, die **Grenzfugen** genannt werden sollen, zieht. Die eine dieser Grenzfugen bildet die Verlängerung eines Winkelschenkels; die andere läuft parallel der ersteren und beginnt am inneren Ende einer Viertelschrägfuge. In jeder der beiden zur Bildung des Verbandes notwendigen Schichten wird von den Grenzfugen für jeden einspringenden Winkel eine genommen, diese aber so gewählt, dass zwischen den Grenzfugen sich Abteilungen ergeben, deren Breite einem Vielfachen von halben Steinlängen entspricht. Die für die eine Schicht nicht benutzten Grenzfugen kommen in der anderen zur Verwendung. Zur Bestimmung der übrigen Fugen legt man über den Grundriss ein Netz von parallelen, rechtwinkelig sich kreuzenden Linien in Entfernungen von je $^1/_2$ Steinlänge. Die erste der Parallelen zur Längenrichtung des Grundrisses läfst man am inneren Endpunkte einer Viertelschrägfuge beginnen. Jede Viertelschrägfuge, die an ihrem inneren Endpunkte nicht von einer der Parallelen getroffen wird, ist aufzugeben.


Fig. 93.

In Fig. 93 sind die Grenzfugen der ersten Schicht mit *1*, die der zweiten mit *2* bezeichnet; die sich kreuzenden Parallelen für die erste Schicht sind durch dünne Linien angegeben. Die Parallelen der einen Schicht müssen von denen der anderen um $^1/_4$ Stein entfernt liegen. Die Linien des Netzes geben dann alle zulässigen Fugen an, die nun in thunlichst geschickter Weise zu möglichst vielen ganzen Steinen zusammengefasst werden. Die Bestimmung der aufser den Grenzfugen weiter zulässigen Fugen kann für die ganze Grundrissfigur gleichmäfsig erfolgen oder für jede Abteilung besonders. Das letztere Verfahren liefert häufig bessere Lösungen, ist aber im allgemeinen umständlicher. In Bezug auf das Nähere dieses Verfahrens mufs auf das in Fufsnote 28 (S. 44) angeführte Werk von *v. Brand* verwiesen werden[29]). In Fig. 93 ist eine auf Grundlage der erwähnten Vorarbeiten mögliche Steinverteilung der ersten Schicht durch Kreuze angedeutet.

Nach der Erörterung der allgemeinen Grundsätze und der zur Vereinfachung der Arbeit anwendbaren Verfahren wird es nun leicht sein, öfter im Bauwesen vorkommende Sonderfälle zu behandeln. Solche Fälle sind: Pfeilervorlagen von Mauern, Eckverstärkungen, Thür- und Fensterpfeiler, frei stehende Pfeiler (Freistützen), Mauern und Pfeiler mit Hohlräumen etc.


Fig. 94.


Fig. 95.

49. Pfeilervorlagen; Eckverstärkungen; Nischenecken.

Häufig werden Verstärkungen von Mauern notwendig, die entweder, in gewissen Abständen wiederkehrend, von einfach rechteckigem oder reicher gegliedertem Querschnitt den Mauerfluchten vorgelegt werden — die sog. **Pfeilervorlagen**, oder welche die Standfähigkeit der Mauerecken erhöhen sollen und die dann nach aufsen oder nach innen vorspringen können — die **äufseren und inneren Eckverstärkungen**. Im Gegensatz zu diesen Verstärkungen kommen auch Schwächungen der Mauerkörper durch Nischen vor, deren Eckbildungen — die **Nischenecken** — besondere Behandlung verlangen.

Diese Fälle können mit Hilfe der bekannten gewöhnlichen Regeln über die Bildung

29) Eine praktische Vereinfachung des Verfahrens der zulässigen Fugen durch Anwendung von Fugennetzpaaren gibt *Jummerspach* in: Deutsche Bauz. 1897, S. 574.

Fig. 96.

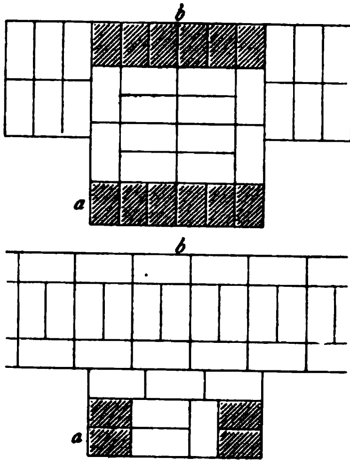


Fig. 97.

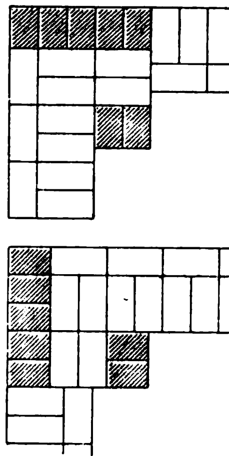


Fig. 98.

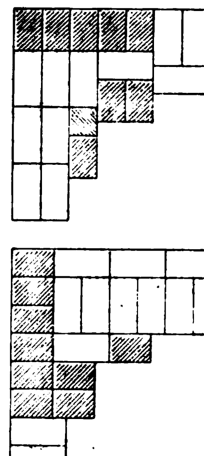


Fig. 99.

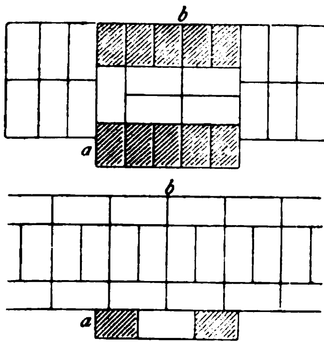


Fig. 100.

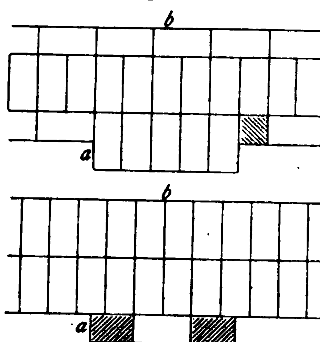


Fig. 101.

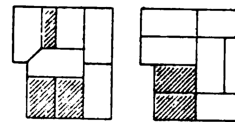


Fig. 102.

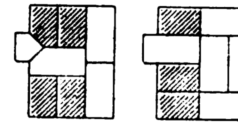


Fig. 103.

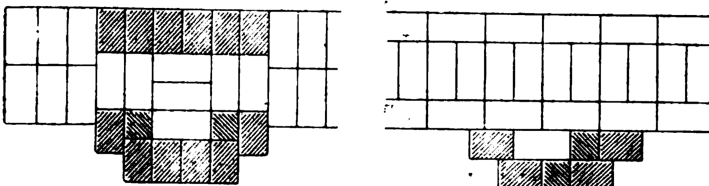
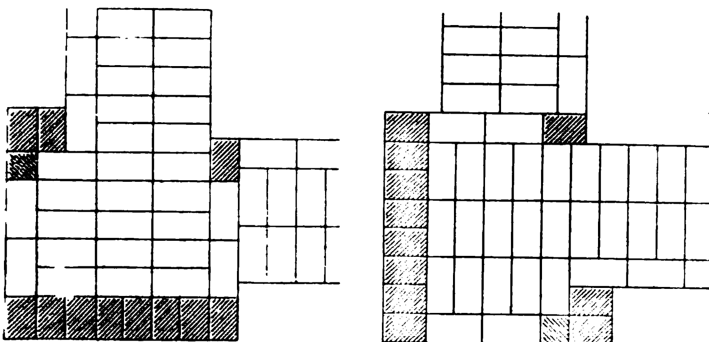


Fig. 104.



des lotrechten Mauer-abſchluſſes, des Mauer-anſchluſſes und der Mauerecke gelöſt werden.

So zeigen ſich z. B. in Fig. 94, 96 u. 99 in *a* der Mauerabſchluſs und in *b* der Maueranſchluſs zur Anwendung gebracht. Erleichtert wird jedoch auch in dieſen oft einfachen Fällen die Verlegung der Dreiquartiere durch das oben empfohlene Zerlegen der Schichten in rechteckige Streifen, was natürlich in den zuſammengeſetzteren Fällen noch mehr zur Geltung gelangt. Daſs aber dieſes Verfahren, wie überhaupt jede Handhabung von Regeln, nicht bloſs

mechaniſch, ſondern mit Ueberlegung angewendet werden ſollte, zeigt das Beiſpiel in Fig. 100, im Vergleich zur Löſung derſelben Aufgabe in Fig. 99. Durch eine kleine Abweichung von der Regel, die in Fig. 99 ſtreng durchgeführt iſt, wurden eine ganz weſentliche Herabminderung des Verbrauches an Dreiquartieren und vermehrte Verwendung von ganzen Steinen erzielt.

In Fig. 94, 96, 99, 100 u. 103 ſind Beiſpiele von Pfeilervorlagen, in Fig. 104 ein ſolches einer äuſseren und in Fig. 97 u. 98 ſolche von inneren Eckverſtärkungen gegeben. Fig. 95 zeigt eine Niſchenbildung.

50. Thür- und Fenſterpfeiler.

Die Thür- und Fenſterpfeiler erhalten im reinen Backſteinbau nach dem Lichten der Oeffnung zu Vorlagen, ebenfalls von Backſteinen, welche den Anſchlag der Oeffnungsverſchlüſſe bilden ſollen. Die Breite des Anſchlages, ſowie die Tiefe und Bildung der Laibung der Oeffnung wechſeln nach Bedürfnis, desgleichen die Länge der Pfeiler. Verſchiedene Verhältniſſe ſind in den Beiſpielen Fig. 101, 102, 105 bis 109 berückſichtigt, die keiner beſonderen Erläuterung bedürfen. Nur zu Fig. 107 ſei bemerkt, daſs darin die Länge des Pfeilers einer Zahl von halben Steinlängen zuzüglich einer Viertelſteinlänge entſpricht und ſich daraus die einfache Umgeſtaltung der Verbandanlage von Fig. 106 ergibt.

Fig. 105.

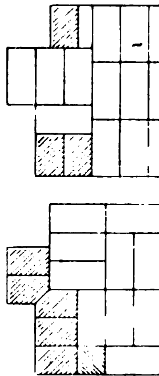


Fig. 106.

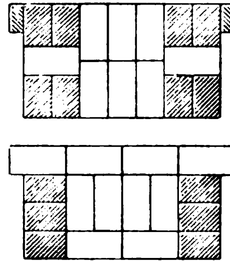


Fig. 107.

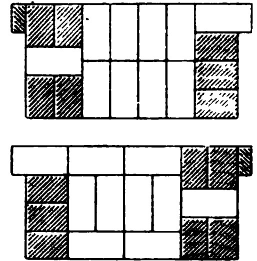


Fig. 108.

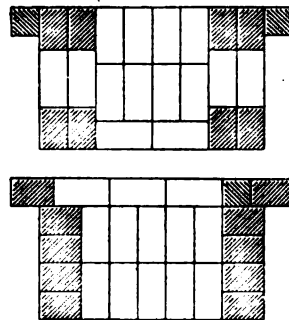
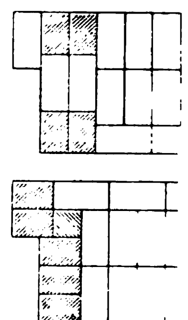


Fig. 109.



Ueber die Art und Weiſe, wie die leicht aus dem Verband lösbaren Quartierſtücke des Anſchlages durch Anwendung von Formſteinen zu vermeiden ſind, wird das Nötige in Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. III, Abſchn. 1, B) dieſes »Handbuches« mitgeteilt werden.

51. Freiſtützen ohne Vorlagen.

Die Verbände für Freiſtützen oder frei ſtehende Pfeiler ergeben ſich ſofort, wenn man dieſelben als kurze Mauerſtücke auffaſst, durch Aneinanderſchieben der betreffenden lotrechten Mauerendigungen. Da bei den Pfeilern die Belaſtung der Flächeneinheit in der Regel gröſser iſt, als bei Mauern, ſo iſt namentlich bei ihnen der Verband möglichſt richtig und aus möglichſt vielen groſsen Stücken herzuſtellen, und

Fig. 110.



Fig. 111.

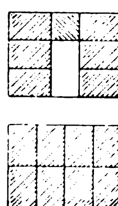


Fig. 112.

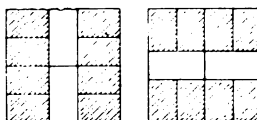
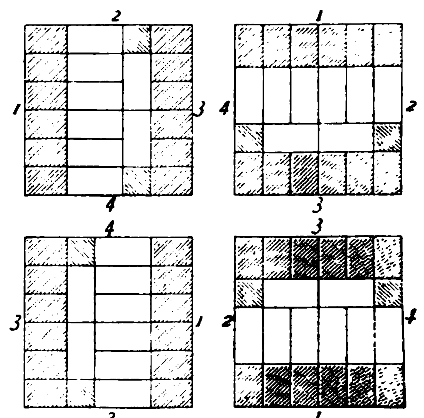


Fig. 113.



daher befonders bei Freiftützen der fchlechte Verband mit Quartierftücken und Längsquartieren zu vermeiden oder auf Fälle zu befchränken, wo er nicht zu umgehen ift. Deswegen find auch hier keine derartige Beifpiele gegeben worden.

Wie die beigefügten, nur mit Hilfe von Dreiquartieren, bezw. Zweiquartieren konftruierten Beifpiele (Fig. 110 bis 113) zeigen, ergibt fich bei Pfeilern mit quadratifchem Grundrifs der Verband der zweiten Schicht aus dem der erften fofort durch Drehung um 90 Grad. Das Kreuzverbandmufter kann erft zur Anwendung gelangen, wenn eine Seite des Pfeilers mindeftens 3 Steine lang ift. In Fig. 113 ift der Kreuzverband an einer quadratifchen Freiftütze von 3 Stein Seitenlänge in feinen vier Schichten durchgeführt. Es ergibt fich hierbei auch eine Schicht aus der anderen durch Drehung um 90 Grad. Es ift dies durch die Bezifferung der Seiten verdeutlicht.

Freiftützen mit rechteckigem Kern und Vorlagen auf drei oder allen vier Seiten entfprechen dem rechtwinkeligen Anftofs oder der Durchkreuzung von zwei Mauern mit nahe gerückten lotrechten Endigungen und bieten daher für die Betrachtung nichts Neues. Ebenfo ift es mit Pfeilern von unregelmäfsigem Grundrifs, die nach den allgemein gültigen Regeln für beliebige Mauerkörper mit rechtwinkeligen Ecken zu behandeln find. Wir können uns daher hier auf Vorführung einiger oft vorkommender Beifpiele (Fig. 114 bis 120) von Freiftützen mit quadratifchem Kern und allfeitigen gleich grofsen Vorlagen, den fog. Kreuzpfeilern, befchränken. 52. Freiftützen mit Vorlagen.

Fig. 114.

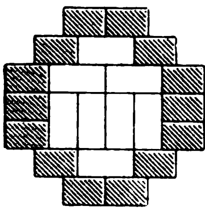


Fig. 115.

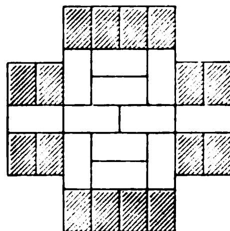


Fig. 116.

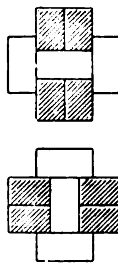


Fig. 117.

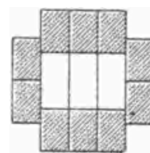


Fig. 118.

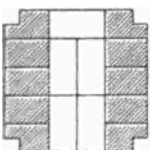


Fig. 119.

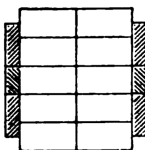
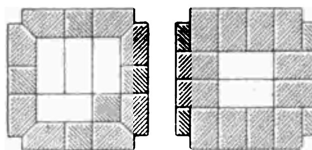


Fig. 120.



Es ergibt fich auch bei diefen wieder eine Schicht aus der anderen durch Drehung um 90 Grad. Fig. 118 bis 120 geben die dreifache Löfung eines Kreuzpfeilers mit Vorlagen von 2 Stein Länge und 1/4 Stein Vorfprung.

5) Mauerkörper mit rechtwinkeligen Hohlräumen.

In den Mauerkörpern find vielfach lotrecht auffteigende Höhlungen anzubringen, und zwar einesteils zur Herftellung von Rauch-, Zuluft- und Abluftkanälen, fowie zur Unterbringung von Waffer-, Heiz- und anderen Rohren, anderenteils aber, um in den Mauern ifolierende Luftfchichten zur Warm- und Trockenhaltung der Gebäude und zur Verhinderung der Fortpflanzung des Schalles zu befchaffen, bezw. um Mauermaterial zu fparen. — Für die angegebenen Zwecke können die auffteigenden Kanäle einzeln oder auch in Gruppen in Mauern oder Pfeilern angeordnet werden. Sie können rechtwinkeligen, vieleckigen oder runden Querfchnitt haben. Wir befchäftigen uns hier zunächft nur mit den rechteckigen, während bezüglich der anderen Querfchnittsformen auf das bei den vieleckigen und runden Mauerkörpern mit Hohlräumen Folgende, fowie auf das in Teil III, Band 4 diefes »Handbuches« (Abt. IV, Abfchn. 4, B, Kap. 4, unter c) Vorzuführende verwiefen werden kann. 53. Hohles Mauerwerk.

54. Lotrechte Kanäle in Mauern.

Die Querſchnitte rechtwinkeliger, lotrecht auffteigender Kanäle ſind zwar vom Zwecke abhängig und werden häufig durch Berechnung beſtimmt; immerhin ſollten dieſelben aber zur Erleichterung der Konſtruktion ſo bemeſſen werden, daſs die

Fig. 121.

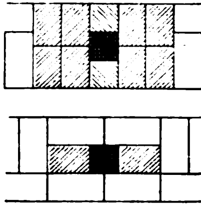


Fig. 122.

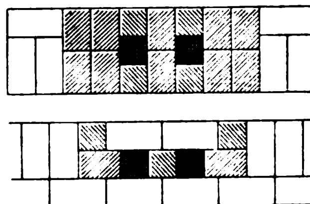


Fig. 123.

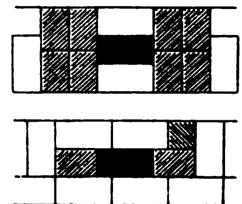


Fig. 124.

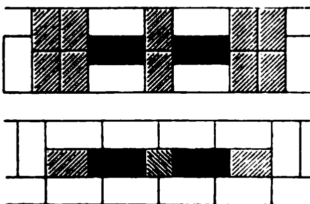


Fig. 125.

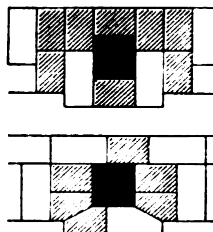
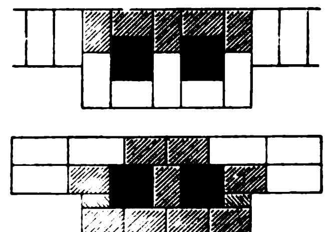


Fig. 126.



Maſse zu den Ziegelformaten in einer gewiſſen Beziehung ſtehen. Es ergeben ſich daher gewiſſe, oft wiederkehrende Querſchnittsformen, die ſich von $^{1}/_{4}$ Stein zu $^{1}/_{4}$ Stein abſtufen. So z. B. $^{1}/_{2}$ Stein $\times$ $^{1}/_{2}$ Stein, $^{1}/_{2}$ Stein $\times$ 1 Stein, $^{3}/_{4}$ Stein $\times$ $^{3}/_{4}$ Stein, 1 Stein $\times$ 1 Stein etc. Die angeführten Maſse ſind auch die für die engen, ſog. ruſſiſchen Schornſteine üblichen, namentlich $^{3}/_{4}$ Stein $\times$ $^{3}/_{4}$ Stein, während für die weiten beſteigbaren Schornſteine die Abmeſſungen 1 $^{3}/_{4}$ Stein $\times$ 1 $^{3}/_{4}$ Stein und 2 Stein $\times$ 2 Stein (deutſches Normal-Ziegelformat vorausgeſetzt; wegen der Beſteigbarkeit iſt man an gewiſſe beſtimmte Maſse gebunden) gebräuchlich ſind. Die Wandungen, ſowie die Scheidewände (Zungen) mehrerer nebeneinander liegender Kanäle werden in der Regel $^{1}/_{2}$ Stein ſtark gemacht. Dieſe Kanäle müſſen nicht nur im allgemeinen ununter-

Fig. 127.

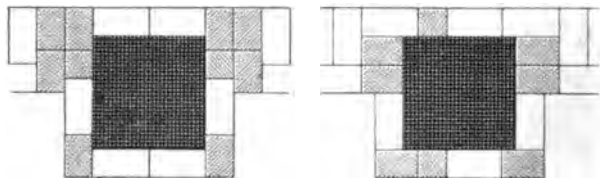


Fig. 128.

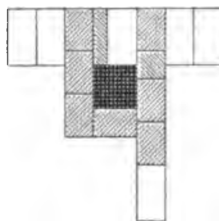
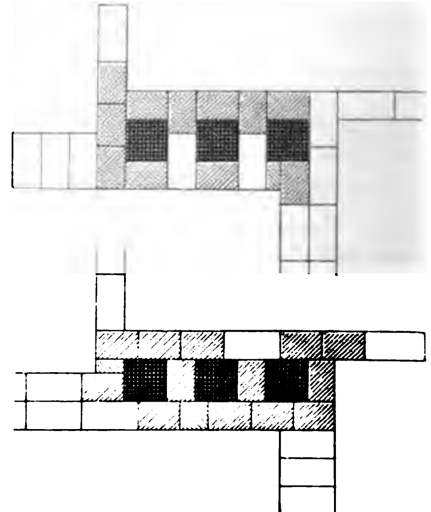


Fig. 129.



brochen lotrecht aufſteigen (wenn man nicht aus irgend welchen Gründen ſie in der Richtung der Mauer zu ziehen genötigt wird); ſie müſſen auch mit dem anſtoſsenden Mauerwerk in regelrechtem Verband angelegt werden. Dieſen regelrechten Verband erlangt man am beſten, wenn man ſtreng nach den für beliebige Mauerkörper angegebenen Regeln verfährt und zur Erleichterung des Verfahrens die Schichten durch den Seiten parallele Linien aus allen Ecken und Winkeln in Streifen zerlegt, deren Enden mit in der Richtung der Streifen liegenden Dreiquartieren in der dem Sonderfall entſprechenden Zahl beſetzt werden. In den aufeinander folgenden Schichten muſs natürlich die Richtung der Parallelen wechſeln; auch iſt auf richtigen Stoſsfugenwechſel bei Herſtellung der ½ Stein ſtarken Kanalwände zu achten. Im übrigen wird auf das früher Geſagte verwieſen. Bei den Kanälen, deren Maſse nur in Viertelſteinlängen ausdrückbar ſind, iſt die Anwendung von Quartierſtücken nicht zu umgehen. Beiſpiele für Kanäle, einzeln oder zu zweien nebeneinander in der Mauerſtärke untergebracht oder Vorſprünge vor derſelben bildend, liefern Fig. 121 bis 127. Die Verbandweiſe bei mehr als zwei nebeneinander liegenden Kanälen iſt ſehr leicht aus der für zwei dergleichen gegebenen zu ermitteln. Beiſpiele für Verbände mit Anwendung von Längsquartieren und für quadratiſche

Fig. 130.

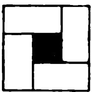


Fig. 131.

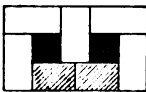


Fig. 132.

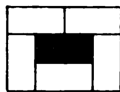


Fig. 133.

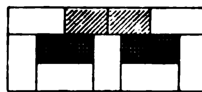


Fig. 134.

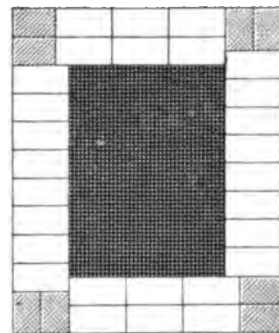


Fig. 135.

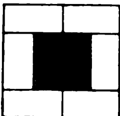


Fig. 136.

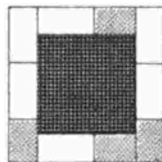


Fig. 137.

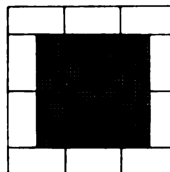
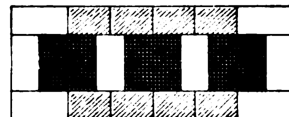


Fig. 138.



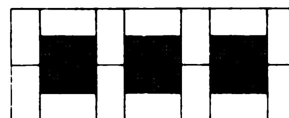


Fig. 139.

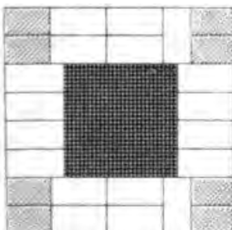


Fig. 140.

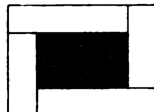


Fig. 141.

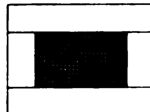


Fig. 142.

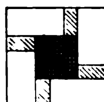
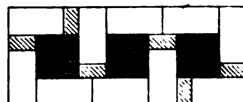


Fig. 143.



Kanäle von 1 Stein Weite finden ſich in Teil III, Band 4 dieſes »Handbuches« (S. 149 [30]).

Fig. 128 u. 129 bieten Beiſpiele für die Anordnung von Kanälen in Mauerkreuzungen. Sie ſind hierbei oft, wie Fig. 129 zeigt, bei

[30]) 2. Aufl.: S. 218.

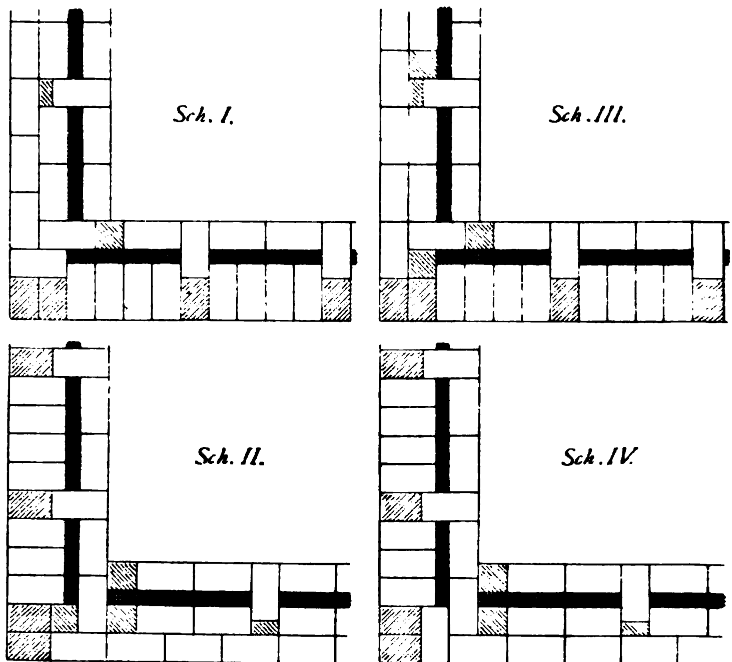
gefchickter Anordnung der Mauern, fo anzubringen, dafs fie keine Vorfprünge in den Räumen bilden.

55. Lotrechte Kanäle in Pfeilern

Mit Mauern nicht in Verbindung gebrachte Kanäle, einzeln oder in Gruppen nebeneinander, bilden Hohlpfeiler, wie fie namentlich für Schornfteine von den Dachbalkenlagen an oder für ganz frei von unten an auffteigende gröfsere Schornfteine notwendig werden. Die Wandungen und Zungen der frei auffteigenden Schornfteine werden bei den kleineren Querfchnitten $^1/_2$ Stein, bei den gröfseren Querfchnittsflächen und Höhen 1 Stein und darüber ftark gemacht. Bei den $^1/_2$ Stein ftarken Wandungen wird der früher befprochene Läufer- oder Schornfteinverband angewendet. Beifpiele für verfchiedene Abmeffungen der Kanäle, einzeln und zu mehreren nebeneinander, bieten Fig. 130 bis 133, 135 bis 138, 142 u. 143.

Fig. 134 u. 139 geben Beifpiele von gröfseren Querfchnittsflächen und 1 Stein ftarken Wandungen. In Fig. 139 ift der Hohlraum quadratifch von 2 Stein Seitenlänge, in Fig. 134 rechteckig von $2^3/_4 \times 3^3/_4$ Stein Seitenlänge. Die Eckanlagen mit Dreiquartieren find für beide Fälle verfchieden. Die Anordnung der Eckfugen für ähnliche Fälle ift aus den fchematifchen Figuren 140 u. 141 erfichtlich. Fig. 141 gibt die Anordnung, wenn die Seitenlängen durch Steinbreiten ohne Reft mefsbar find, Fig. 140 dagegen diejenige, wenn die Seiten fich nur durch Viertelfteinlängen ausdrücken laffen.

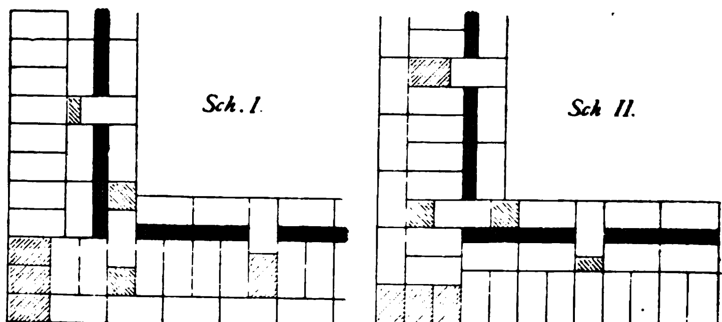
Fig. 144.



56. Hohlmauern.

Wie fchon angeführt, werden Mauern mit Hohlräumen, die fog. **Hohlmauern**, hergeftellt, um in ihnen ifolierende Luftfchichten zu erhalten oder fie in ihrer Materialmaffe zu verringern. Der erftere Grund wird namentlich bei Umfaffungsmauern häufig als vorliegend erachtet, der zweite befonders bei Scheidemauern aus konftruk-

Fig. 145.



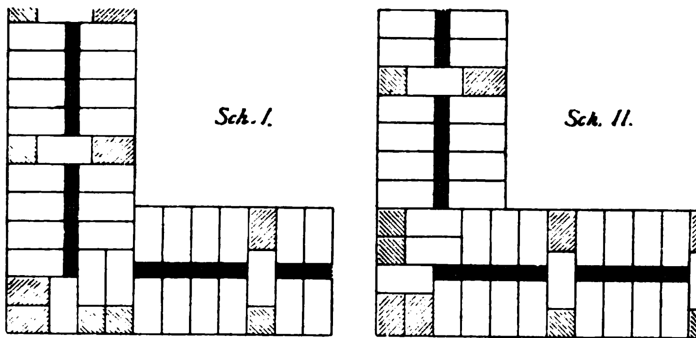
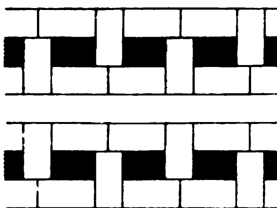


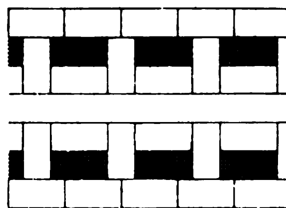
Fig. 146.

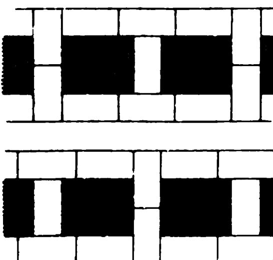
tiven oder wirtſchaftlichen Rückſichten. In beiden Fällen kann es nicht, wie bei den Kanälen, darauf ankommen, daſs die Hohlräume ununterbrochen lotrecht durchlaufen; im Gegenteile, es werden bei der groſsen Längenerſtreckung derſelben (ſie ſind ſo lang wie die Mauern zu machen) Unterbrechungen durch Steine notwendig, welche die beiden Frontſeiten zuſammenbinden, um ihnen den durch die Hohlräume genommenen Teil ihrer Standfähigkeit wieder zu erſetzen. Bei den Umfaſſungsmauern mit iſolierenden Luftſchichten hält man in der Regel die äuſsere Hälfte mindeſtens 1 Stein ſtark, weil man die Stärke von $^1/_2$ Stein gegen das Durchſchlagen der Feuchtigkeit für nicht genügend erachtet. Der innere Teil ergibt ſich dann bei Mauern von nur $1^1/_2$ Stein Stärke $^1/_2$ Stein dick, was für dieſen Teil, wenn er Balken zu tragen hat, zu wenig iſt. Dieſer Gegenſtand wird ausführlich im nächſtfolgenden Hefte (Abt. III, Abſchnitt 1, A, Kap. 2) dieſes »Handbuches« beſprochen werden. Der Luftſchicht gibt man $^1/_4$ Stein oder $^1/_2$ Stein Breite.

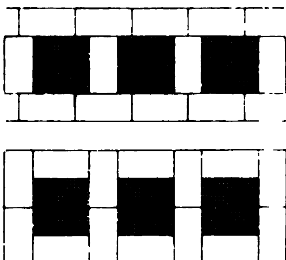
Fig. 147.

Fig. 144 zeigt die zur Einrichtung des Kreuzverbandes an den Auſsenſeiten notwendigen vier Schichten der mit Luftſchicht $1^3/_4$ Stein ſtarken Mauern einer Gebäudeecke, Fig. 145 die zwei Schichten für die im Blockverband herzuſtellende Ecke zweier mit Luftſchicht $2^1/_4$ Stein ſtarken Mauern. Die Durchbinder oder Ankerſteine, welche die beiden Fronten der Mauern zuſammenhalten, ſind in Abſtänden von ca. 2 Steinlängen anzuordnen.


Fig. 148.


Fig. 149.


Fig 150.


Fig. 151.

Bei den $2^1/_4$ Stein ſtarken Mauern läſst ſich der Hohlraum auch in die Mitte legen und dann mit Vorteil der Binderverband verwenden (Fig. 146). Es hat dieſe Anordnung noch den Vorzug, daſs für die Stockwerksgebälke in dem 1 Stein ſtarken inneren Teile eine ſichere Untermauerung geſchaffen wird.

Bei denjenigen Hohlmauern, die nicht Schutz gegen von einer Seite zur Wirkung gelangende Feuchtigkeit bieten ſollen, wie dies in der Regel

bei Scheidemauern der Fall ift, und die nicht als Trag- oder Stützwände zu dienen haben, können die beiden Fronten unbedenklich $^1/_2$ Stein ftark gehalten werden. Es ergibt fich dann bei regelmäfsiger Anordnung von Binderfteinen ein Verband, den man als Käftelverband bezeichnet. Unter Umftänden können dabei auch hochkantig geftellte Steine zur Verwendung gelangen. Es gewährt dies die Möglichkeit der Herftellung von 1 Stein ftarken Mauern als Hohlmauern (Fig. 147). Beifpiele von $1^1/_2$ Stein ftarkem Käftelmauerwerk geben Fig. 148 u. 149, von folchem 2 Stein ftark dagegen Fig. 150 u. 151. Es geht aus diefen Beifpielen hervor, dafs fich das Käftelmauerwerk auf verfchiedene Weife herftellen läfst[31]).

6) Mauerkörper mit fchiefen Ecken und Winkeln.

57. Grundfätze.

Da die Geftalt der gewöhnlichen Backfteine ohne weiteres die Bildung von fchiefwinkeligen Mauerkörpern nicht zuläfst, fo müffen diefelben zu diefem Zwecke entfprechend zugehauen werden, oder man mufs fich befonderer Formfteine bedienen. Wie fchon bei Gelegenheit der Befprechung des fchiefwinkeligen Zufammenftofses von Mauern ausgeführt wurde, verlieren die Mauerfteine beim Verhauen an gutem Ausfehen, an Feftigkeit und an Witterungsbeftändigkeit. Es wird daher das Verhauen der Steine nur dann zuläffig erfcheinen, wenn der Bedarf an zugehauenen Steinen ein geringfügiger ift oder wenn die Mauerflächen geputzt werden. Aber auch in letzterem Falle wird man die Anwendung von fehr kleinen Stückchen, fowie den fpitzwinkeligen Auslauf der Fugen in den Aufsenflächen zu vermeiden fuchen müffen.

In allen Fällen, wo fchiefe Winkel an einem Bauwerke in gleicher Gröfse oft wiederkehren, namentlich bei Backfteinrohbauten, wird fich die Verwendung von Formfteinen für die Ecken empfehlen. Aufser der Beachtung der allgemein gültigen Verbandregeln werden hierbei für die Bildung diefer Formfteine gewiffe Grundfätze feftzuhalten fein, welche etwa die folgenden find: die Formfteine follen die Gröfse der gewöhnlichen Backfteine nicht wefentlich überfteigen (die Dicke ift immer genau beizubehalten); der Verband ift mit möglichft wenigen Sorten von Formfteinen herzuftellen; die Stofsfugen follen fenkrecht zu den Aufsenflächen der Mauerkörper laufen.

58. Thür- und Fenfter-laibungen.

Ein fehr häufig vorkommender Fall, bei dem man fich aber in der Regel der gewöhnlichen Backfteine bedienen wird, ift die Anordnung von abgefchrägten Laibungen der Thür- und Fenfterpfeiler. Das gewöhnliche Verfahren hierbei ift das in Fig. 152 dargeftellte, wonach man fich zunächft den Verband für rechtwinkelige Laibungen auffucht und durch die gewünfchte Schräge der Laibung die von den Mauerenden abzuhauenden Steinftücke beftimmt. Ein anderes Verfahren gibt Fig. 153; es find dabei fo gut, als es

Fig. 152.

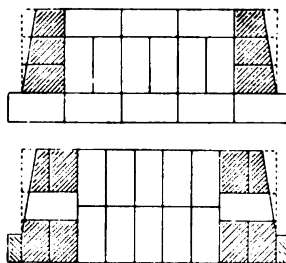


Fig. 153.

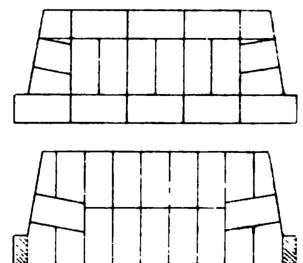
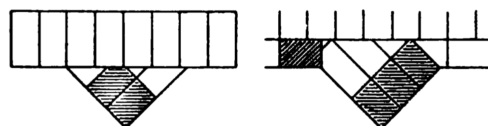


Fig. 154.



[31]) Ueber die Herftellung von Hohlmauern mit Hilfe von Hohlfteinen wird im nächftfolgenden Hefte (Abt. III, Abfchnitt 1, B, Kap. 2) diefes »Handbuches« die Rede fein.

ging, die Regeln für ftumpfwinkelige Mauerecken befolgt, die Stofsfugen teilweife fenkrecht zu den äufseren Mauerfluchten, die fpitzen Winkel der Steine möglichft in das Innere des Mauerkörpers verlegt worden. Trotzdem ift zuzugeben, dafs durch diefes Verfahren ohne Verwendung von Formfteinen keine grofsen Vorteile zu erzielen find.

59. Dreieckige Pfeiler-vorlagen.

Seltener ift der Fall, dafs Mauerfluchten unter fchiefen Winkeln einfchneidende Pfeilervorlagen einzubinden find. Das Einbinden erfolgt dann etwa in der in Fig. 154 mitgeteilten Weife.

60. Vieleckige Freiftützen.

Häufiger find vieleckige Freiftützen herzuftellen, und unter diefen am häufigften regelmäfsig achteckige. Fig. 155 gibt eine Schicht einer folchen von $2^1/_2$ Stein Stärke für Herftellung aus gewöhnlichen Backfteinen. Durch fortgefetzte Drehung diefer Schicht um 45 Grad kann ein vierfacher Wechfel der Fugenrichtung in vier aufeinander folgenden Schichten erzeugt werden. Es entfpricht demnach diefe Verbandanordnung allen Anforderungen an Fugenverwechfelung und Ueberdeckung der Steine in den aufeinander folgenden Schichten, während fie andererfeits in dem ftark fpitzwinkeligen Auslauf der ftark verhauenen vier Eckfteine einen bedeutenden Mangel aufweift. Diefer fonft bequem einzurichtende Verband wird daher nur dann anzuwenden fein, wenn es fich um Herftellung weniger und zu putzender Pfeiler handelt. Für andere Fälle ift die Verwendung von Formfteinen entfchieden anzuraten. Derartige Beifpiele bieten Fig. 156 u. 157.

Fig. 155.

Fig. 156. Fig. 157.

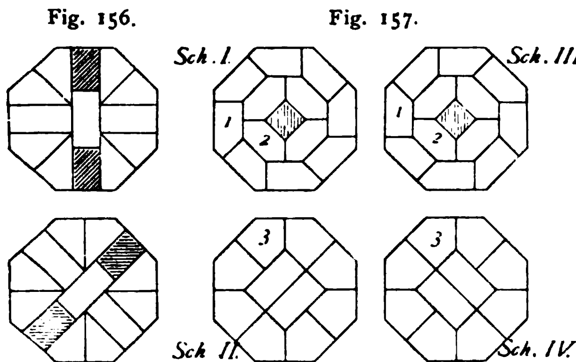
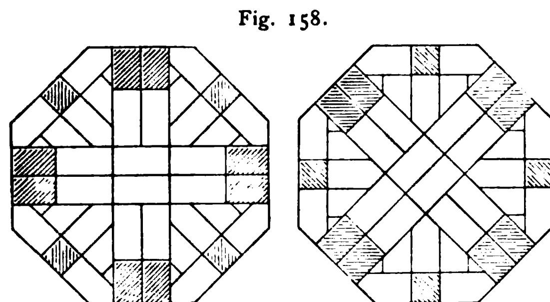


Fig. 156 zeigt die Verwendung von nur einer Sorte Formfteinen in allen Schichten, während alle übrigen Steine gewöhnliche Mauerfteine, bezw. Dreiquartiere find. In Fig. 157 find drei verfchiedene Sorten Formfteine benutzt worden und dabei ein Fugenwechfel erzielt, der dem des Kreuzverbandes entfpricht. Die Einrichtung des Verbandes ift dabei eine fehr leichte.

In Fig. 158 ift eine Freiftütze von $4^1/_2$ Stein Stärke dargeftellt. Die zweite Schicht ift durch Drehung der erften um 45 Grad erzielt. Der Grundgedanke der Verbandbildung bei diefem Beifpiel ift auch für noch ftärkere Pfeiler anwendbar. Es wird nur eine Sorte Formfteine für die Ecken notwendig.

Fig. 158.



61. Gegliederte Freiftützen.

Reicher gegliederte Freiftützen mit Vorlagen an den Vieleckfeiten oder mit Dienften befetzte Pfeiler, wie fie als Stützen von Gewölben oft notwendig werden, deren auf eine Andeutung zu befchränkende Behandlung fich am beften hier anfchliefst, find immer nur mit Formfteinen und als Rohbau auszuführen. Fig. 159 und 161 mögen als Beifpiele genügen [32]).

[32]) Zahlreiche Beifpiele finden fich in dem fchon in Fufsnote 25 (S. 30) angeführten Werke von *Fleifchinger & Becker*, dem auch Fig. 159 u. 161 nachgebildet find.

Fig. 159.

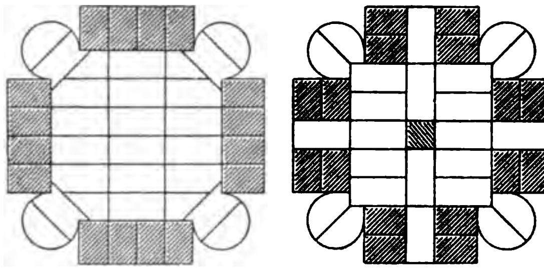
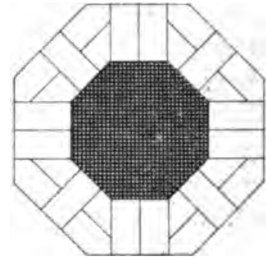


Fig. 160.



62.
Vieleckige
Hohlpfeiler.

Auch unter den vieleckigen Hohlpfeilern, welche fo oft als Fabrikfchornfteine Verwendung finden, find die von regelmäfsig achteckigem Grundrifs die häufigften. Es werden bei diefen, wie bei allen anderen, zunächft die Regeln angewendet werden müffen, welche früher für die Bildung der ftumpfwinkeligen Ecken mitgeteilt

Fig. 161.

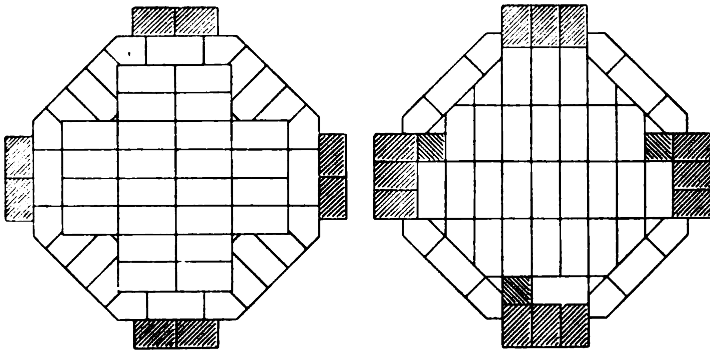
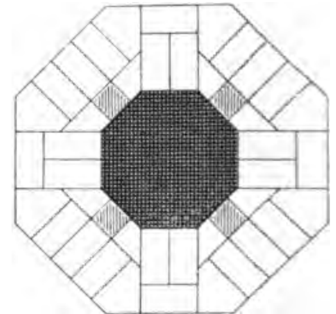


Fig. 162.



wurden, wenn gleich hier die zufammenftofsenden Mauern nur fehr kurz find. Es ergeben fich dann die in Fig. 160 u. 162 vorgeführten Verbände eines Schornfteines, deffen innere Achteckfeite 1 Stein lang ift (der Durchmeffer des eingefchriebenen Kreifes ift dann gleich 2,414 Steinlängen) und deffen Wandftärken 1 Stein oder $1\frac{1}{2}$ Stein betragen. Die zweiten Schichten find fofort durch Drehung der erften um 45 Grad zu erlangen.

7) Runde Mauerkörper.

63.
Gekrümmte
Mauern.

Für die Herftellung von runden Mauerkörpern empfiehlt fich faft mehr noch, als für vieleckige die Verwendung von Formfteinen, welche an den in den Mauerfluchten oder konzentrifch zu diefen liegenden Seiten die entfprechende Krümmung und fenkrecht zur Krümmung gerichtete Stofsfugen, alfo die Form von Ringftücken befitzen müffen. Würde man zur Herftellung runder Mauerkörper die gewöhnlichen rechteckigen Mauerfteine verwenden, fo erhielte man in jeder Schicht anftatt der gebogenen Flucht eine vieleckige. Die Läuferfchichten würden von der Bogenform noch mehr abweichen, als die Binderfchichten, weil fie nur die halbe Seitenzahl erhielten als die letzteren. Bei grofsen Krümmungshalbmeffern würden allerdings die Abweichungen von der cylindrifchen Mauerflucht fo gering ausfallen, dafs fie nicht ftören könnten.

Fig. 163.

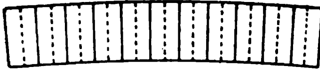


Fig. 164.

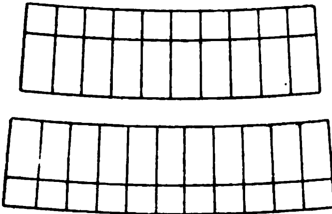
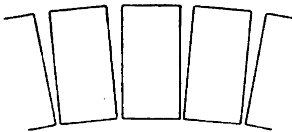


Fig. 165.



Diefe Abweichung könnte noch vermindert werden, wenn man anftatt eines Verbandes mit wechfelnden Läufer- und Binderfchichten nur den Binderverband wählte. In Fig. 163 ift diefer Verband für eine 1 Stein ftarke Mauer, in Fig. 164 jener für eine $1\frac{1}{2}$ Stein ftarke Mauer gegeben. Im letzteren Falle kamen abwechfelnd aufsen und innen Zweiquartiere zur Verwendung.

Aber auch bei diefer Verbandweife ergeben fich notwendig von innen nach aufsen zu fich verbreiternde Stofsfugen (Fig. 165). Die Keilform der Stofsfugen wird fich mit abnehmendem Krümmungshalbmeffer verftärken. Es wäre nun zu unterfuchen, bis zu welchem geringften Halbmeffer herab man bei gegebener Steingröfse gekrümmte Mauern ausführen könnte, ohne dafs die Keilform der Stofsfugen unzuläffig grofs würde, oder welcher geringfte Halbmeffer fich ergibt, wenn man ein Höchftmafs für die Verbreiterung der Fuge von vornherein feftftellt.

Wir wollen den letzteren Weg einfchlagen und annehmen, dafs die Stofsfugen an der äufseren Mauerflucht das Mafs von 15 mm nicht überfteigen, an der inneren Flucht aber nicht unter 7,5 mm herabgehen dürfen. Unter Fefthaltung des Binderverbandes erhalten wir dann, wie Fig. 166 nachweift, bei der 1 Stein ftarken Mauer die Proportion

$$135 : 127{,}5 = (250 + r) : r,$$

$$\text{daraus} \quad r = \frac{127{,}5 \cdot 250}{7{,}5} = 4{,}25 \text{ m},$$

Fig. 166.

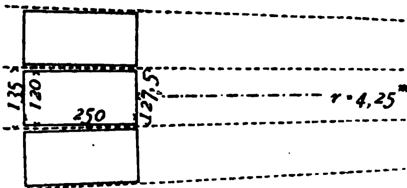
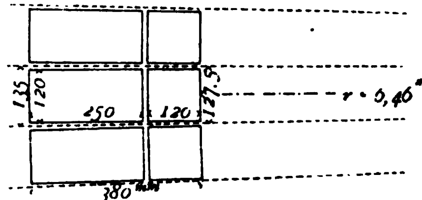


Fig. 167.



wobei r den lichten Halbmeffer des gekrümmten Mauerwerkes bezeichnet.

Nach Fig. 167 erhalten wir für die $1\frac{1}{2}$ Stein ftarke Mauer

$$135 : 127{,}5 = (380 + r) : r$$

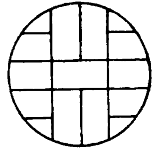
$$\text{und} \quad r = \frac{127{,}5 \cdot 380}{7{,}5} = 6{,}46 \text{ m}.$$

Es würden alfo unter den gemachten Vorausfetzungen 1 Stein ftarke Mauern mindeftens einen Halbmeffer von 4,25 m = 17 Steinlängen und $1\frac{1}{2}$ Stein ftarke Mauern einen geringften Halbmeffer von ca. 6,5 m = 26 Steinlängen erfordern. Auch für noch ftärkere Mauern ergibt fich als ungefähres Verhältnis zwifchen Mauerftärke und Halbmeffer 1 : 17. Für kleinere Halbmeffer oder vielmehr bei gekrümmten Mauern, deren Stärke gröfser als $\frac{1}{17}$ des lichten Halbmeffers ift, wird fich unbedingt das Verhauen der Steine oder noch mehr die Anwendung der befchriebenen Formfteine empfehlen. Mit den letzteren laffen fich dann die gekrümmten Mauern ganz in denfelben Verbänden wie die geraden ausführen.

64.
Runde
Freiſtützen.

Die Herſtellung von Rundpfeilern aus gewöhnlichen Backſteinen liefert ſehr ſchlechte Ergebniſſe, wie das Beiſpiel in Fig. 168 zeigt, bei welchem allerdings ein Wechſel von vier Schichten ganz verbandgerecht durch fortgeſetzte Drehung um 45 Grad erzielt werden kann. Wenn nun auch die Verwechſelung der Fugen eine regelrechte iſt, ſo entſpricht doch der Verband anderen, nicht minder wichtigen Forderungen nur in geringem Grade.

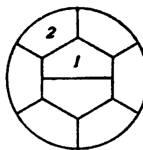
Fig. 168.



Es ſind in jeder Schicht nur zwei nach dem Mittelpunkte laufende Stoſsfugen vorhanden; alle anderen treffen unter zum Teile ſpitzem Winkel den Umkreis. Nur ein Stein (der in der Mitte) braucht nicht verhauen zu werden, bei allen übrigen iſt dies notwendig; dabei kommen alle behauenen Flächen in den Umfang zu liegen und eben dahin noch eine Anzahl ſehr kleiner Stücke.

Infolgedeſſen wird ſich, abgeſehen von ſonſtigen Nachteilen, trotz des gröſsten Aufwandes von Mühe und Sorgfalt ſeitens des Maurers, immer nur ein ſehr unvollkommen geſtalteter Säulencylinder ergeben. Es wird in ſolchen Fällen die Verwendung von Formſteinen auch hinſichtlich der Koſten ſich lohnen, namentlich wenn man ſolche nur am Umfang verwendet, den Kern aber aus gewöhnlichen Backſteinen herſtellt, wie dies Fig. 172 zeigt. In Fig. 169 iſt der Formſteinverband für einen 2 bis $2^1/_2$ Stein ſtarken Rundpfeiler in ſeinen zwei Schichten dargeſtellt, wobei man mit zwei Sorten von Formſteinen auskommt. Auch dieſer Verband iſt mangelhaft, da die ein Sechseck bildenden Zwiſchenfugen in den aufeinander folgenden Schichten ſich nur wenig überdecken und infolgedeſſen innerhalb des Pfeilers ein nur wenig unter ſich verbundener Mantel und Kern ſich bilden werden. Beſſere Ergebniſſe erzielt man bei Anwendung von vier Formſteinſorten (Fig. 170). In Fig. 171 u. 172 ſind Verbände für 5 Stein ſtarke Rundpfeiler dargeſtellt. Zur Herſtellung von Pfeilern nach Art von Fig. 171 ſind ſechs Sorten von Formſteinen erforderlich.

Fig. 169.



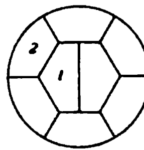
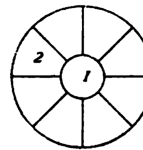


Fig. 170.



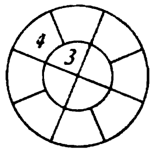


Fig. 171.

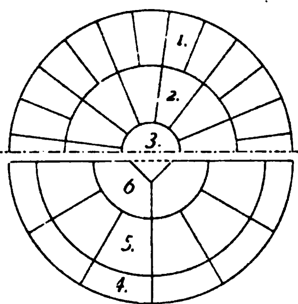
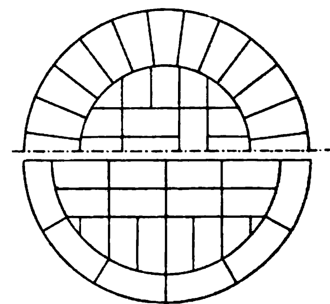


Fig. 172.



Als Beiſpiel iſt noch der aus Formſteinen hergeſtellte Verband der kannelierten Mittelſchiffſäulen der Baſilika zu Pompeji hinzugefügt worden (Fig. 173).

Von dieſen Säulen ſtehen jetzt Stümpfe von 1 bis 2 m Höhe aufrecht. Die Formſteine ſind zwar bei allen nach derſelben Weiſe gebildet; ſie ſind aber nicht überall in den Maſsen gleich. So haben die im Durchmeſſer wechſelnden kreisrunden Mittelſtücke 52 cm und 48 cm, bezw. 36 cm und 25 cm Durchmeſſer; dementſprechend ſind auch die radialen Stücke verſchieden. Die Lagerfugen ſind dünn, nämlich 3 bis 5 mm dick. Die Stoſsfugen ſind ſehr verſchieden gemauert. Sie ſind bei vielen Säulen bis zu 40 mm dick zwiſchen den radialen Formſteinen; bei anderen ſind ſie wieder dünn gehalten. Ob dies ebenſo, wie die verſchiedene Gröſse der Steine mit der Herſtellung der Säulenverjüngung zuſammenhängt, wird ſich nur durch genauere Unterſuchung feſtſtellen laſſen, namentlich der Frage, ob und welche der Säulenſtümpfe nach der Aufgrabung etwa neu aufgemauert worden ſind. Die Kanneluren ſcheinen durch Zuhauen hergeſtellt worden zu ſein. Daſs die Säulen geputzt waren, braucht wohl kaum beſonders hervorgehoben zu werden.

Fig. 173.

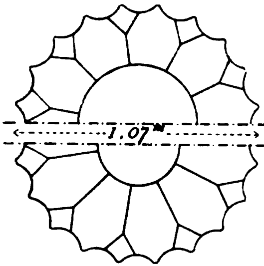


Fig. 174.

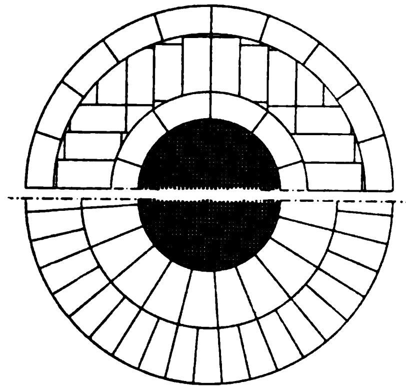
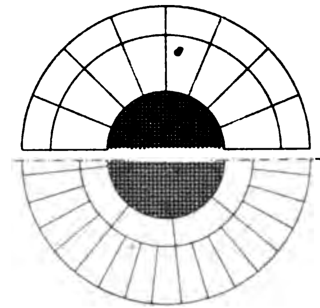


Fig. 175.



Verſchiedene antike Säulenverbände von Backſteinen aus Pompeji und Rom ſind in Teil II, Band 2 dieſes »Handbuches« zu finden.

Fabrikſchornſteine erhalten ſehr häufig die Geſtalt von Hohlpfeilern mit kreisrundem Grundriſs. Da bei ſolchen die Ausführung eines Putzes, ſowohl innen als aufsen, unzweckmäſsig iſt, ſo müſſen dieſelben unter allen Umſtänden an den äufseren und inneren Flächen aus Formſteinen hergeſtellt werden (Fig. 175). Bei gröſseren Mauerſtärken können dabei im Inneren des Mauerwerkes wohl auch teilweiſe gewöhnliche Backſteine Verwendung finden, wofür Fig. 174 ein Beiſpiel gibt. 65. Runde Hohlpfeiler.

Es mag hier noch angeführt werden, daſs man in neuerer Zeit zur Herſtellung von Fabrikſchornſteinen, ſowohl runden als vieleckigen, die Verwendung von Hohlſteinen beſonders empfiehlt.

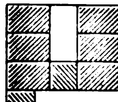
8) Bogenverband.

Die Steinkonſtruktionen zur Ueberdeckung von Räumen und Oeffnungen müſſen wie alle Mauerwerke nach den allgemeinen Geſetzen hergeſtellt werden, wie ſie im 1. Kapitel vorgeführt wurden. Es ſind danach die für dieſe Zwecke zur Anwendung gelangenden Gewölbe aus Schichten herzuſtellen, deren Lagerflächen im allgemeinen ſenkrecht zur Richtung des Hauptdruckes liegen. Es führen dementſprechend bei den Gewölben die ſo gelegenen Fugenflächen den Namen Lagerflächen und die Durchdringungen derſelben mit den Anſichtsflächen der Gewölbe die Bezeichnung Lagerfugen (Wölbfugen); alle übrigen Fugenflächen und Fugen nennt man Stoſsflächen, bezw. Stoſsfugen. Die Richtung des Fugendruckes iſt in den Gewölben eine wechſelnde; ſie folgt einer gekrümmten Drucklinie. Die Schichten eines Gewölbes können demnach nicht von parallelen Lagerflächen begrenzt ſein; ſondern es müſſen die letzteren ſich gegeneinander neigen. Gewöhnlich iſt die Drucklinie nicht konzentriſch zur Wölblinie oder Bogenlinie des Gewölbes. Da man aber um des Ausſehens willen und um ſpitzwinkelige Aufsenkanten der Wölbſteine zu vermeiden, die Lagerfugen ſenkrecht zur inneren Wölblinie annimmt, bei Kreisbogen alſo nach dem Mittelpunkt gerichtet, ſo ergibt ſich daraus für die Lagerflächen faſt immer eine von der theoretiſch richtigen abweichende Lage. 66. Fugenflächen und Fugenlinien.

Dieſe Abweichung darf nach den Auseinanderſetzungen des 1. Kapitels ein gewiſſes Maſs nicht überſchreiten, wenn ein Gleiten der Wölbſteine aufeinander ausgeſchloſſen ſein ſoll. Hierauf iſt bei der Konſtruktion der Gewölbe unter Umſtänden die gebührende Rückſicht zu nehmen. Dem Gleiten der Wölbſteine aufeinander 67. Verband.

wirkt der zwifchen die Fugenflächen gebrachte Mörtel entgegen. Da nun die Wölbfteine zum gröfsten Teile im Bau eine folche Lage haben, dafs fie dem Gefetze der Schwere folgen müffen, wenn fie nicht bei genügendem Widerftande der Widerlager durch die Spannung im Gewölbe daran verhindert werden, fo folgt daraus, dafs Mittel, welche die Reibung in den Fugenflächen vergröfsern, für die Wölbungen willkommen fein müffen, alfo auch das Einbringen des Mörtels in die Fugen. Insbefondere gilt dies für die Gewölbe aus Backfteinen und Bruchfteinen, während bei den Haufteingewölben aus Gründen, die hier nicht zu erörtern find, die Verhältniffe etwas anders liegen. Sehen wir alfo, dafs für die Gewölbe aus Backfteinen der Mörtel eine bedeutfame Rolle fpielt, fo ift klar, dafs man die zur Anwendung kommenden Steinverbände nicht ohne Rückficht auf die Wirkfamkeit des Fugenmörtels, die bei den verfchiedenen Verbänden in verfchiedener Weife fich äufsert, befprechen kann, dafs alfo deren Erörterung hier noch nicht am Platze, fondern zweckmäfsigerweife nach Teil III, Band 2, Heft 2 (Abt. III, Abfchn. 2, A) diefes »Handbuches« zu verfchieben ift. Nichtsdeftoweniger ift es möglich, hier wenigftens die gebräuchlichen Verbandanordnungen vorzuführen, welche bei der Konftruktion der Mauer- und Gurtbogen zur Anwendung gelangen, weil fie ganz und gar den Pfeilerverbänden entfprechen, wenn man fich die lotrechte Achfenlinie des Pfeilers durch die gekrümmte des Bogens erfetzt denkt. Es können dann die für Freiftützen früher gegebenen Verbandanordnungen als unmittelbar auch für Bogen gültig angenommen werden. Es brauchen diefe Beifpiele hier nur durch folche, die auf die Bildung eines Anfchlages Bezug haben, vermehrt zu werden, da bei den zur Ueberdeckung von Fenfter- und Thüröffnungen angewendeten Mauerbogen Anfchläge aus denfelben Gründen, wie bei den Thür- und Fenfterpfeilern erforderlich werden. Den für letztere in Fig. 101, 102, 105 bis 109 mitgeteilten Beifpielen fchliefsen fich die unter Fig. 176 bis 180 für Bogen paffend an.

Fig. 176.



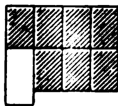
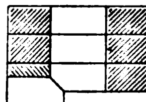


Fig. 177.



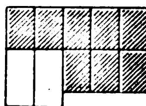
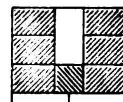


Fig. 178.



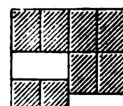
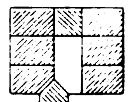


Fig. 179.



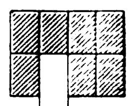
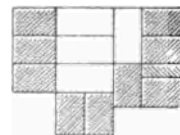
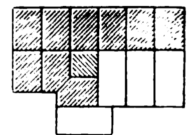


Fig. 180.





Erhalten die Bogen eine bedeutende Tiefe, werden fie zu Tonnengewölben, fo erhalten die Schichten die Verbandanlagen von Mauern mit lotrechten Abfchlüffen an beiden Enden, wie ja auch die Pfeiler in ihrem Verband nichts anderes zeigen, als die nahe zufammengerückten Endigungen von Mauern.

68. Form der Steine. Am beften werden die Bogen aus keilförmig geftalteten Steinen ausgeführt. Kann man folche für den gegebenen Halbmeffer des Bogens nicht geformt aus der Ziegelei beziehen, fo mufs man fie keilförmig zuhauen. Befonders wichtig wird dies für die Halbkreisbogen, weil bei diefen die Dicke des Bogens im Verhältnis zum Halbmeffer ziemlich grofs ift, die Schichten alfo ftark keilförmig ausfallen. Die Keilform der Steine darf aber gewiffe Grenzen nicht überfchreiten. Beim Brennen würde eine fehr ungleichmäfsige Dicke der Steine ein Verziehen zur Folge haben; ebenfo

würde aber ein zu ſtarkes Verhauen die Wölbſteine zu ſehr ſchwächen. Man kann wohl annehmen, daſs die Schwächung der Steine $^1/_3$ der Dicke, alſo beim Normalformat ca. 22 mm nicht überſteigen ſollte. Nimmt man einen ſolchen noch zuläſſigen Unterſchied in der Dicke der Steine an der inneren und äuſseren Wölbfläche des Bogens an, ſo wird ſich daraus berechnen laſſen, welche Stärke ein Bogen, der im Verband eingewölbt werden ſoll, bei gegebenem Halbmeſſer nicht überſteigen darf, oder bis zu welchem kleinſten Halbmeſſer herab ein Bogen von gegebener Stärke im Verband hergeſtellt werden kann. Unter dieſer Annahme berechnet ſich der Halbmeſſer eines Bogens

von $^1/_2$ Stein Stärke zu 251 mm,
» 1 » » » 523 »,
» $1^1/_2$ » » » 796 »,

alſo im allgemeinen annähernd der Halbmeſſer als Zweifaches der Bogenſtärke[33]).

Bei flachen Bogen konvergieren die Schichten nicht ſtark, ſo daſs es möglich wird, dieſelben aus den parallelepipediſchen gewöhnlichen Backſteinen herzuſtellen und nur die Lagerfugen keilartig zu geſtalten, ähnlich wie dies für rundes Mauerwerk erörtert wurde. Nimmt man, wie damals die zuläſſige Dicke der Fugen am Bogenrücken zu 15 mm und die Fugendicke an der Bogenlaibung zu 7,5 mm an, ſo berechnet ſich der lichte Halbmeſſer des Bogens

bei 1 Stein Bogenſtärke zu 2,416 m,
» $1^1/_2$ » » » 3,671 »,
» 2 » » » 4,930 »,

alſo ungefähr der kleinſte Halbmeſſer, mit dem ein Bogen aus gewöhnlichen Backſteinen, ohne daſs die Fugen zu keilartig ausfallen, im Verband gewölbt werden kann, zur 10-fachen Bogenſtärke.

Sind die Bogen im Verhältnis zum Halbmeſſer ſo ſtark zu machen, daſs die Steine oder die Fugen in unzuläſſiger Weiſe keilförmig gemacht werden müſsten, ſo muſs man es aufgeben, im Verband zu wölben. Man muſs dann von einem der erſten Grundſätze für alle Steinverbände abſehen, nämlich dem, daſs in aufeinander folgenden Schichten nie Stoſsfugen aufeinander treffen ſollen. Die Ausführung erfolgt dann entweder ſo, daſs man mehrere im Verbande gewölbte Ringe übereinander anordnet, oder ſo, daſs man den Bogen aus einer Anzahl von konzentriſchen, $^1/_2$ Stein ſtarken Schalen oder Ringen (engliſcher Verband, Schalen- oder Rouladenbogen) zuſammenſetzt. Bisweilen werden die Schalen an paſſenden Stellen durch Binder verbunden oder in Abteilungen zerlegt. Das Nähere über dieſe Konſtruktionen folgt ſpäter.

b) Quaderverbände.

69.
Natürliche und künſtliche Quader.

Regelmäſsig bearbeitete natürliche Steine von anſehnlicher Gröſse nennt man Quader, Hauſteine, Werkſteine, Werkſtücke oder Schnittſteine. Quader werden aber auch gröſsere, aus Mörtelmaterialien durch Gieſsen oder Stampfen in Formen erzeugte künſtliche Steine genannt (Betonquader). Zwiſchen natürlichen und künſtlichen Quadern iſt indes in Beziehung auf die Verbandanordnung weiter kein Unterſchied zu machen als der, der ſich daraus ergibt, daſs es für die künſtlichen Quader bequemer iſt, dieſelben in genau regelmäſsiger Form herzuſtellen, während bei den

[33]) Dieſes Verhältnis würde genau richtig ſein, wenn die Abmeſſungen der Backſteine ſich genau wie 1 : 2 : 4 verhielten.

natürlichen Quadern häufig gewiffe Abweichungen von der regelmäfsigen Form zuläffig erfcheinen.

70. Abmeffungen der Quader.

Würde man die Abmeffungen der Quader nach den für die Backfteine gültigen Verhältniffen beftimmen, fo würde über die Quaderverbände weiter gar nichts Befonderes zu fagen fein. Die Quader haben aber in der Regel kein vorher genau beftimmtes Mafs; fondern fie werden für jeden Bau befonders beftellt und hergerichtet, fo dafs man in der Lage ift, innerhalb gewiffer Grenzen die Mafse nach den herzuftellenden Mauerdicken feftzufetzen[34]). Die Abmeffungen für jeden einzelnen Quader werden in den für jede Schicht zu zeichnenden und mit genau einzufchreibenden Mafsen verfehenen Schichtenplänen ermittelt und bei der Beftellung angegeben. Die Lieferung mufs dann unter Hinzufügung des fog. Arbeitszolles (2,5 bis 3,0 cm) erfolgen. Immerhin ift man aber bei der Feftfetzung der Mafse von der Art des natürlichen Gefteines und von der Stärke der Bänke oder Schichten desfelben in den Steinbrüchen abhängig. Hierüber, fowie über die Proportionierung der Quader ift fchon im 1. Kapitel das Notwendige gefagt worden. Es mag dem hier noch hinzugefügt werden, dafs die Höhe eines Quaders, auch wenn daran feftgehalten wird, dafs die natürliche Schichtung fenkrecht zur Druckrichtung zu legen ift, doch niemals die Dicke der Bank des Steinbruches überfteigen darf, damit die Quader keine natürlichen Lagerfugen erhalten. Ebenfo foll aber die Höhe der Quader nicht viel kleiner als die Bankdicke genommen werden, ausgenommen natürlich den Fall fehr grofser Mächtigkeit der Bänke, wie fie häufig bei den Sandfteinen vorkommt. Bei reicheren Quaderbauten wird man innerhalb der eben angedeuteten, für das zur Verfügung ftehende Material zu ermittelnden Grenzen die Mafse der architektonifchen Ausbildung entfprechend feftfetzen. Bei billiger herzuftellenden Bauten dagegen wird man mehr auf die Mafse Rückficht zu nehmen haben, in denen fich die Steine in den Brüchen gewöhnlich ergeben. Man wird zwar die Höhe aller Steine einer Schicht gleich halten, dagegen auf die Gleichheit der Länge aller Steine und der Höhe der übereinander folgenden Schichten verzichten.

Hauptgrundfatz für die Herftellung eines guten Verbandes bleibt dann ein gutes Ueberbinden der Steine in der Längen- und Querrichtung der Mauern. Als geringfte Gröfse diefes Ueberbindungsmafses, alfo des Mafses, bis zu welchem fich die Stofsfugen zweier aufeinander folgenden Schichten nähern dürfen, ift die halbe Höhe der Quader anzunehmen; als mittleres Ueberbindungsmafs ift dagegen die ganze Quaderhöhe anzuftreben.

Je nach der Stärke der Mauer wird diefelbe nur aus Läufern oder aus Läufern und Bindern oder wohl auch aus nebeneinander zu legenden, verfchieden breiten Läuferreihen zufammengefetzt. Die Läufer erhalten eine Länge, die gleich ift der zwei- bis dreifachen Höhe, und eine Breite gleich der einfachen bis doppelten Höhe. Den Bindern gibt man ein Drittel bis die Hälfte der Läuferlänge zur Breite und macht fie zwei- bis dreimal fo lang. Die Proportionierung der Mafse ift jedoch, wie früher fchon angeführt, von der Güte und Feftigkeit des Materiales abhängig.

[34]) Es ift hierzu anzuführen, dafs in einigen Gegenden mit ausgedehntem Steinbruchbetrieb gewiffe Sorten von Quadern auf Vorrat gearbeitet und nach einem Marktpreis verkauft werden. Es finden diefelben dann in der Regel nur bei Maffenbauten Verwendung, beim Hochbau meift nur zu den Fundamenten. So ift es z. B. in den fächfifchen Elb-Sandfteinbrüchen, wo die Mafse für eine ziemliche Zahl von oft verlangten Steinwaren durch Vereinbarung feftgefetzt worden find; diefe werden nach dem Stück bezahlt, während alle übrigen nach Mafs beftellten Steinftücke nach dem Rauminhalt verrechnet werden. — Gleiches ift in Baden der Fall.

Ist die Mauer nur so dick, dafs eine Quaderbreite zur Herstellung derselben ausreicht, so wird sie nur aus Läufern hergestellt. Sind alle Quader gleich lang, so erhält man dann den Läufer- oder Schornsteinverband der Backsteine (Fig. 185). Je nachdem man die Quader erhalten kann oder gröfseren oder geringeren Wert auf Regelmäfsigkeit des Verbandes legt, sind weiter noch folgende Abänderungen des Läuferverbandes zu unterscheiden: 71. Verband für 1 Stein starke Mauern.

Fig. 181.

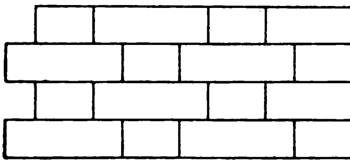


Fig. 183.

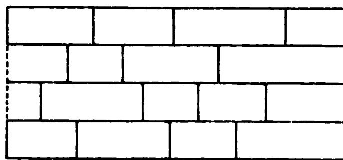


Fig. 182.

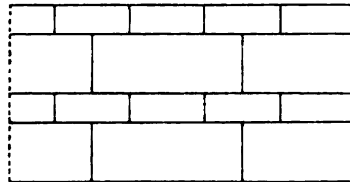
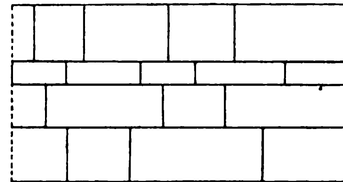


Fig. 184.



1) gleich hohe Schichten, in den Schichten regelmäfsiger Wechsel von kurzen und langen Steinen (Fig. 181);

2) regelmäfsiger Wechsel von niedrigen und hohen Schichten, in den wiederkehrend gleich hohen Schichten gleich lange Steine, in den unmittelbar aufeinander folgenden Schichten ungleiche Länge der Steine (Fig. 182);

3) gleich hohe Schichten, ungleiche Länge der Steine (Fig. 183);

Fig. 185.

Fig. 186.

4) verschieden hohe Schichten und ungleiche Länge der Steine (Fig. 184).

Ist die Mauer stärker als eine Quaderbreite, so kann sie: 72. Verband für stärkere Mauern.

1) aus Schichten, die aus zwei verschieden breiten Läuferreihen bestehen (Fig. 186), hergestellt werden;

2) man kann Binderreihen und Läuferreihen wechseln lassen (Fig. 187); man erhält dann den Blockverband der Backsteine, den man durch abwechselndes Verschieben der Läuferreihen in den Kreuzverband umgestalten könnte;

Fig. 187.

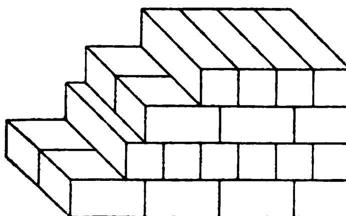
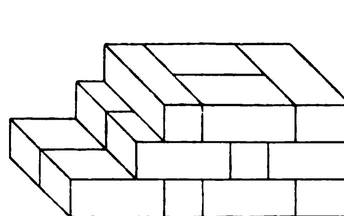


Fig. 188.



3) man kann Binder mit Läufern in den einzelnen Schichten abwechseln lassen (Fig. 188); man erhält dann den polnischen oder gotischen Verband mit seinen Mängeln, die sich aber durch Anwendung von verschieden breiten Läufern beseitigen lassen, wie Fig. 189 zeigt. Diese breiteren Läufer haben nach der Erklärung des Begriffes Binder in Art. 19 (S. 18) als solche zu gelten.

Auch die anderen Ziegelverbände laffen fich nach Belieben zur Anwendung bringen.

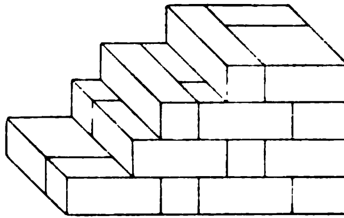


Fig. 189.

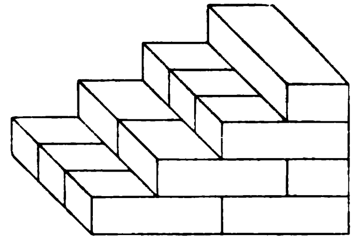


Fig. 190.

Bei noch dickeren Mauern kann man in einer Schicht um die andere diefelbe aus drei Läuferreihen beftehen laffen, die übrigen Schichten entweder aus zwei Läuferreihen (Fig. 190) oder aus lauter Durchbindern (Fig. 191) herftellen.

Es können hierbei die Schichtenhöhen auch verfchieden fein; z. B. anftatt dafs fie, wie in Fig. 190, gleich hoch angenommen find, könnten die Schichten mit drei Läuferreihen niedriger, als die mit zweien gehalten werden. Auch ift es nicht notwendig, dafs fich die Stofsfugen fchneiden, wie dies bei den Backfteinverbänden üblich und zweckmäfsig ift; fondern es kann in den Läuferreihen die innigere Verwechfelung der Stofsfugen angeordnet werden, wie fie Fig. 191 zeigt.

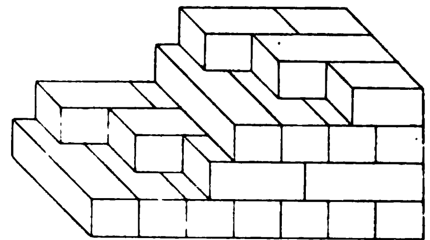


Fig. 191.

Im übrigen können auch bei den eben befprochenen ftärkeren Quadermauern diefelben Aenderungen in Bezug auf die Gröfsen der Quader eintreten, wie bei den Mauern, die nur aus einer Quaderreihe hergeftellt werden, wenn nur immer ein genügendes Ueberbindungsmafs eingehalten wird.

Stärkere Quadermauern, als die fchon wenig verwendeten, welche eine dreifache Quaderbreite zur Dicke haben, find fehr teuer und kommen im Hochbau wohl nur felten vor. Sie werden in der Regel durch die gemifchten Mauerwerke erfetzt, die fpäter zur Befprechung gelangen.

73. Mauerecken, -anfchlüffe, -durchkreuzungen etc.

Die Mauerecken, Maueranfchlüffe und Mauerdurchkreuzungen, die Maueranfchläge und die Freiftützen können nach denfelben Verbandregeln, natürlich unter Berückfichtigung der Gröfse der Quader, aus letzteren hergeftellt werden, wie fie für die Backfteine ausführlich erörtert worden find, bedürfen daher hier keiner wiederholten Befprechung. Es ift jedoch darauf aufmerkfam zu machen, dafs die Quader, allerdings unter Materialverluft, eine Bearbeitung in beliebigen Formen geftatten, welche Verbanderleichterungen ermöglichen, wie fie bei den Backfteinen nur ausnahmsweife und dann auch gewöhnlich nur mit Formfteinen zur Ausführung gelangen. Es bezieht fich diefe Bemerkung auf die häufig angewendeten Auskröpfungen oder Ausklinkungen der Quader.

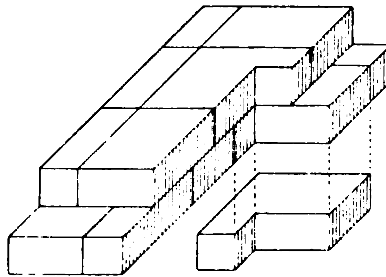


Fig. 192.

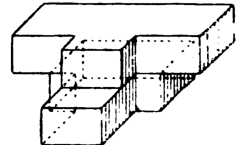


Fig. 193.

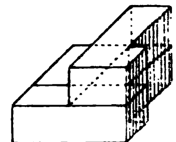


Fig. 194.

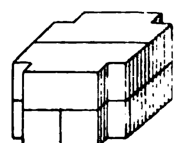
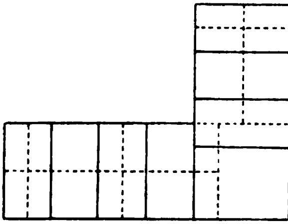


Fig. 195.


Fig. 196.

Es stellen dar: Fig. 192 eine Eckbildung, Fig. 193 einen Maueranschlufs, Fig. 194 die Bildung des Anschlages einer Oeffnung, Fig. 195 einen Kreuzpfeiler unter Benutzung solcher ausgekröpfter Quader oder der sog. Flügelsteine.

Ferner kann angeführt werden, dafs man sich zur Bildung der Ecken öfters auch gröfserer Quader bedient, als sonst in der Mauer Verwendung finden (Fig. 196). Bei stumpf- und spitzwinkeligen, sowie bei abgerundeten und abgestumpften Ecken, die hier nur beiläufig erwähnt werden sollen, legt man ebenfalls zweckmäfsigerweise gröfsere Quader an die Ecke, und zwar häufig in diagonaler Richtung mit der Rücksichtnahme, dafs die Stofsfugen möglichst senkrecht zu den Fluchten stehen [35]).

c) Verbände für Mauern aus Bruchsteinen und Feldsteinen.

Unter Feldsteinen versteht man alle Geschiebe und Findlinge verschiedener Gröfse, die sich zerstreut in den Flüssen, an den Ufern derselben, in Wäldern und auf Feldern finden, also alle einzeln sich findende Steine. Unter Bruchsteinen sind dagegen alle solche Steine zu verstehen, die von anstehenden Felsen gebrochen werden. Sind die Feldsteine grofs, so können sie zerteilt werden und ebenso wie die Bruchsteine gröfsere oder geringere Bearbeitung erfahren. Von den natürlichen Quadern unterscheiden sich die Bruchsteine entweder durch die geringere Bearbeitung oder, wenn sie regelmäfsig bearbeitet sind, durch die geringere Gröfse [36]). Im letzteren Falle sind sie Schichtsteine [37]) zu nennen, wenn sie parallelepipedische Form haben, Polygonsteine oder Mosaiksteine dagegen, wenn sie vieleckige Stirnseiten erhalten. 74. Steinmaterial.

Bei Herstellung jedes Bruchstein- oder Feldsteinmauerwerkes ist die Einhaltung der Verbandsregeln, wie sie für regelmäfsige Steine gelten, nach Möglichkeit anzustreben. Je gleichmäfsiger die Zusammensetzung der Schichten, je besser der Verband in denselben, um so besser wird das Mauerwerk sein, um so mehr wird es sich an Güte dem Backstein- und dem Quadermauerwerk nähern. 75. Mauerwerksarten.

Das Bruchsteinmauerwerk läfst sich danach in folgende 3 Gattungen zerlegen:

1) Mauerwerk aus Schichtsteinen;
2) Mauerwerk aus lagerhaften Bruchsteinen mit abgesetzten Schichten, und
3) ordinäres Bruchsteinmauerwerk.

Zu diesen würden noch als besondere Formen hinzuzutreten haben:

4) der Cyklopenverband und
5) der Polygon- oder Mosaikverband.

Kennzeichnend für das Schichtsteinmauerwerk ist, dafs alle Schichten in gleicher Stärke durchlaufen. Die Schichten werden dabei entweder durchgängig gleich hoch (ca. 20 cm) oder verschieden hoch gehalten. Im ersten Falle werden die Schichten 76. Mauerwerk aus Schichtsteinen.

35) Ausführlicheres über die Eckbildungen von Quadermauern siehe in: RINGLEB, A. Lehrbuch des Steinschnitts. Berlin 1844.

36) D. h. es darf das Gewicht derselben nicht gröfser sein, als dafs sie noch von 1, höchstens 2 Maurern mit den Händen versetzt werden können.

37) Siehe auch Teil I, Band 1, erste Hälfte (Fufsnote 6 auf S. 67 [2. Aufl.: Fufsnote 22 auf S. 84]) dieses »Handbuches«.

in der Regel nur äuſserlich mit regelmäſsig bearbeiteten Schichtſteinen (im weſtlichen Deutſchland nach dem Franzöſiſchen *moellons* genannt) verkleidet und im Inneren aus Füllſteinen gebildet, während es im zweiten Falle ohne weſentlich höheren Koſtenaufwand möglich iſt, die Schichten durchweg aus lauter Schichtſteinen herzuſtellen. Dieſe letztere Art des Mauerwerkes iſt im Inneren und Aeuſseren ganz gleichartig gebildet (nur die Stirnſeiten erhalten oft feinere Bearbeitung), und ein regelrechter Verband iſt bei derſelben durchführbar. Es ſteht ein ſolches Mauerwerk bei entſprechendem Material an Güte kaum hinter dem Backſtein- und Quadermauerwerk zurück.

Werden Füllſteine (mehr oder weniger unregelmäſsige Stücke) im Inneren zur Anwendung gebracht, ſo iſt zur Erzielung eines leidlichen Verbandes die Verwendung von möglichſt vielen Bindern notwendig. Auf zwei Läufer in der Front ſoll mindeſtens ein Binder kommen. Die Länge der Steine darf das Drei- bis Fünffache der Höhe nicht überſteigen; als Mindeſtmaſs der Höhe iſt 10^{cm} anzuſehen. Die Ueberbindung der Steine ſoll mindeſtens 8 bis 10^{cm} betragen.

77. Mauerwerk mit abgeſetzten Schichten.

Vom Schichtſteinmauerwerk unterſcheidet ſich das Mauerwerk mit abgeſetzten Schichten dadurch, daſs die entweder von Natur lagerhaften oder lagerrecht bearbeiteten Bruchſteine nicht in durchgehenden Schichten vermauert, ſondern je nach ihrer Höhe ſo zuſammengeſetzt werden, daſs manchmal 3 Schichten in 2 oder 2 Schichten in 1 übergehen (d. ſ. die abgeſetzten Schichten). Hohlräume in den Fugen ſind mit Schiefern oder Steinſplittern (Zwickern) auszufüllen.

Oefters iſt eine wagrechte Abgleichung herbeizuführen, ſo daſs etwa alle 1 bis $1\frac{1}{4}{}^{m}$ eine Lagerfuge durch die ganze Mauer hindurchläuft. Auch ſind bei geringeren Mauerſtärken in Abſtänden von 1,5 bis $1,8^{m}$ Durchbinder anzuordnen. Gleichförmiges Setzen des Mauerwerkes erzielt man durch gleichmäſsige Verteilung der gröſseren Steine und dadurch, daſs man an denjenigen Stellen, wo mehrere weniger dicke Steine übereinander folgen, den Mörtel in den Lagerfugen dünner aufträgt.

78. Ordinäres Bruchſteinmauerwerk.

Mauerwerk aus ganz unregelmäſsigen Bruchſteinen oder Feldſteinen nennt man ordinäres Bruchſtein- oder Feldſteinmauerwerk. Es werden die Steine ſo gut, als möglich, aneinander gepaſst; auf eine Deckung der Stoſsfugen wird Rückſicht genommen, wo möglich alle Steine auf die Breitſeite und als Binder verlegt und auch das Innere aus möglichſt groſsen Steinen hergeſtellt, kleine Stücke nur zum Füllen von Höhlungen zwiſchen den groſsen verwendet. Zu den Ecken nimmt man die gröſsten und lagerhafteſten Steine. In vielen Fällen, namentlich bei den rundlichen Feldſteinen, muſs man die Ecken aus beſſerem Material herſtellen. In Höhenabſtänden von 1,5 bis $2,0^{m}$ iſt das Mauerwerk wagrecht, auch wieder mit möglichſt groſsen Stücken, abzugleichen (Mauerung in Bänken). Die Feſtigkeit der Mauern gewinnt ſehr, wenn man an dieſen Stellen einige Schichten aus regelmäſsigem Material (3 bis 4 Backſteinſchichten oder mehrere Schichten aus lagerhaften Steinen) einſchaltet.

Zum ordinären Bruchſteinmauerwerk ſind auch das Mauerwerk aus Fluſsgeſchieben und das aus Kieſeln beizuzählen.

79. Cyklopen-Verband.

Der Cyklopenverband wird, wie das ordinäre Bruchſteinmauerwerk, aus ganz unregelmäſsigen Stücken hergeſtellt; nur ſind dieſe Stücke oft von ſehr bedeutender Gröſse, und es werden dieſelben gewöhnlich ohne Mörtel vermauert. Die Steine werden nur wenig zugerichtet, möglichſt gut zuſammengepaſst und die Höhlungen zwiſchen denſelben mit kleineren Stücken ſorgfältig ausgefüllt.

Der Polygonverband ist nur eine Verfeinerung des Cyklopenverbandes. Die Steinstücke werden an den Fugenflächen so bearbeitet, dass sie überall scharf aneinander passen. Erhalten dabei die Steine durchgängig eine gleiche oder rhythmisch wiederkehrende regelmäsige Form, so ergibt sich der zierliche, aber sehr teuere Mosaikverband. Der Polygonverband kommt naturgemäss am zweckmäsigsten für die krystallinischen Steine zur Verwendung; doch liefert besonders der Basalt infolge seines Vorkommens in Säulen von vieleckigem Querschnitt ein leicht herzustellendes gutes Polygonmauerwerk. 80. Polygon- und Mosaikverband.

Da bei den Bruchsteinmauerwerken der Mörtel gewöhnlich eine grosse Rolle spielt, sogar mit Zementmörtel ein vorzügliches Mauerwerk aus ganz unregelmäsigen Steinen sich herstellen läst, weil ferner zur Vermehrung der Festigkeit der Mauern dabei oft gemischte Materialien zur Verwendung gelangen, so erscheint es zweckmäsig, die eingehendere Besprechung auf das nächste Heft (Abt. III, Abschn. 1, A) dieses »Handbuches« zu verschieben.

d) Verbände für Mauern aus gemischtem Mauerwerk.

Man hat es mit gemischtem Mauerwerk zu thun, entweder wenn einzelne lotrechte Abschnitte der Mauern aus anderem Material hergestellt werden, als der grössere Teil der Längenerstreckung, oder wenn die Mauer der ganzen Länge und Höhe nach aus parallel nebeneinander fortlaufenden Teilen von verschiedenem Material besteht. 81. Verschiedenheit.

Die zuerst angeführte Anordnungsweise wird getroffen, wenn die Mauer an einzelnen Stellen fester konstruiert werden soll, als dies mit dem in ihrem Hauptteile zu verwendenden Material möglich ist, wie dazu namentlich die Ecken von Bruchsteinmauern Veranlassung geben. Wird aus konstruktiven, wirtschaftlichen oder ästhetischen Gründen die Mauer ausser an den Ecken noch an anderen Stellen durch lotrechte Streifen von anderem Material in Abteilungen zerlegt, so ergibt sich eine Konstruktion, die eine gewisse Aehnlichkeit mit den Holz- und Eisenfachwerken zeigt, aber auch zum Teile deren Mängel aufweist. Diese Aehnlichkeit wird noch grösser, wenn die lotrechten Streifen durch wagrechte Schichten von regelmäsigen Steinen miteinander verbunden sind.

Man kann daher diese Konstruktionsweise als Steinfachwerk bezeichnen.

Die zweite Ausführungsweise wird gewählt, wenn ein Material von geringer Witterungsbeständigkeit zu schützen ist, oder wenn das Aussehen eines Mauerwerkes verbessert werden soll, oder wenn Aussenflächen von besonders grosser Widerstandsfähigkeit gegen mechanische, chemische oder physikalische Einflüsse erforderlich werden. Es handelt sich also in der Regel um die Verkleidung oder Verblendung eines geringeren Materiales mit einem besseren. Damit ist gewöhnlich eine nicht unwesentliche Kostenersparnis verknüpft, wegen deren wohl alle Monumentalbauten der Neuzeit nicht in gleichförmigem, sondern in gemischtem Material ausgeführt werden. Als übliche Zusammenstellungen sind anzuführen: Mauerkern von Backsteinen, Bruchsteinen oder Beton mit Verblendung oder Vertäfelung von irgend einem Haustein oder kostbarerem Gestein, wie Marmor, Serpentin u. a. m., oder Verkleidung eines eben solchen Mauerkernes mit Verblendsteinen, Klinkern oder mit feineren Thonwaren, als Terrakotta, Majolika, Fayence u. dergl.

Beide Ausführungsweisen, das Steinfachwerk sowohl, als auch die Mauerverblendung führen ähnliche Nachteile mit sich, die im nachfolgenden noch zu erörtern

fein werden. Im nächftfolgenden Hefte (Abt. III, Abfchn. 1, A) diefes »Handbuches« wird Gelegenheit fein, die Anwendung und Ausführung der gemifchten Mauerwerke ausführlich zu befprechen, weswegen wir uns hier auf die Behandlung der hierher gehörigen Verbandanordnungen zu befchränken haben.

82. Allgemeines über Verblendungen.

Wir befchäftigen uns zunächft mit den Mauerverblendungen, und zwar nur mit denjenigen Fällen, in denen die Verblendung eines Mauerkernes von Backfteinen, Bruchfteinen oder Beton mit Quadern oder eines Mauerkernes von ordinären Bruchfteinen oder Beton mit Backfteinen erforderlich wird.

Obgleich bei allen gemifchten Mauerwerken die gewöhnlichen Verbandregeln zu befolgen find, fo ift doch noch auf einen befonderen Umftand Rückficht zu nehmen; es ift dies die ungleichmäfsige Zufammenfetzung des Mauerkörpers. Diefe führt zu einer verfchiedenen Zahl von Lagerfugen im äufseren und inneren Teile und bedingt dadurch in demfelben ungleich grofse Zufammenpreffung des Mörtels, alfo ungleichmäfsiges Setzen. Trotz angewendeter Vorficht ift das Ergebnis davon, dafs der eine Teil dem anderen beim Setzen nicht zu folgen vermag und dafs Längsfpaltungen eintreten. Der äufsere Teil, die Verblendung, ift in der Regel der fchwächere. Kommt dann dazu, was fehr häufig der Fall ift, dafs er weniger Lagerfugen, als der Kern hat, und befitzt er dabei nicht die der Belaftung entfprechende Knickfeftigkeit, fo ergeben fich zunächft Ausbauchungen und dann Einfturz der Verblendung. Aehnliche Gefahren können auch infolge unüberlegter Verwendung von Mörteln von verfchiedenen Eigenfchaften im Mauerkern und in der Verblendung eintreten. Es wird alfo bei gemifchten Mauerwerken, abgefehen davon, dafs die Gefamtdicke aller Lagerfugen in beiden Teilen möglichft gleich zu halten und wo möglich ein nicht fchwindender Mörtel zu verwenden ift, darauf ankommen, das Entftehen von Längsfpaltungen durch eine möglichft innige Verbindung der Verblendung mit dem Mauerkern zu verhindern. Dies wird durch Anordnung von entfprechend vielen, in den Kern eingreifenden Bindern in der Verblendung erreicht. Die Möglichkeit der Anwendung fehr vieler Binder gewährt befonders der holländifche Verband, der denn auch für die Verblendungen mitunter zur Verwendung gelangt. Wegen der vielen Binder wird derfelbe aber oft zu koftfpielig befunden, und man begnügt fich daher gewöhnlich mit der Verwendung des Block- oder Kreuzverbandes, fowie befonders mit dem polnifchen Verband oder Abänderungen desfelben. Auch kann nicht unter allen Umftänden eine fehr grofse Zahl von Bindern als zweckmäfsig bezeichnet werden, worauf im nächftfolgenden Hefte (Abt. III, Abfchn. 1, A, Kap. 1) diefes »Handbuches« zurückgekommen werden wird.

Aufser den erwähnten Vorfichtsmafsregeln wird noch gewöhnlich die in Anwendung gebracht, ein gemifchtes Mauerwerk ftärker zu machen, als ein gleichförmig regelmäfsiges. Häufig hält man den Mauerkern fo ftark, dafs er für fich allein der gegebenen Beanfpruchung genügen würde.

Die Feftigkeit der gemifchten Mauerkörper wird wefentlich vergröfsert, wenn man in Zwifchenräumen Schichten von regelmäfsigem Material ganz durchgehen läfst, wie dies auch für ordinäres Bruchfteinmauerwerk empfohlen wurde (fiehe Art. 78, S. 66).

83. Quaderverblendung.

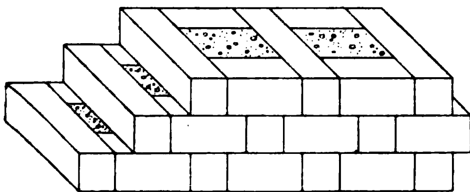
Aufser durch Anordnung einer genügenden Anzahl eingreifender Binder ift zwifchen der Quaderverblendung und einem aus regelmäfsigen Steinen beftehenden Mauerkern eine innige Verbindung nur dann zu erzielen, wenn eine Schicht der Verblendung einer Anzahl von Schichten der Hintermauerung genau entfpricht, fo

dafs alfo alle Lagerfugen der Verblendung wagrecht durch den ganzen Mauerkörper hindurchgehen. Bei Hintermauerung mit nur lagerhaften oder ordinären Bruchfteinen ift Aehnliches anzuftreben. Von diefer Regel werden fich allerdings fowohl bei den zuletzt erwähnten Materialien, als auch bei den Backfteinen, infolge der architektonifchen Anordnung der Maueranfichtsflächen, mitunter Abweichungen nötig machen.

Die Quaderverblendungen können entweder auf beiden Seiten der Mauer vorhanden fein oder nur auf einer; fie können entweder aus vollftändigen Quadern oder nur aus Platten beftehen.

Ift die Quaderverblendung auf beiden Häuptern der Mauern auszuführen, fo werden die Verbandanordnungen anwendbar, wie wir fie bei den Hohlmauern aus Backfteinen als Käftelverbände kennen gelernt haben (fiehe Fig. 147 bis 151, S. 53). Die Feftigkeit folcher Mauern wird befonders grofs, wenn die Mauerdicke und die Steinlängen es geftatten, die Binder als Durchbinder oder Ankerfteine durch die ganze Mauer hindurchreichen zu laffen (Fig. 197). Vermehrt kann die Feftigkeit noch werden, wenn eines der im 3. Kapitel zu befprechenden künftlichen Verbindungsmittel in Anwendung gebracht wird. Diefe letzteren gebraucht man auch mit demfelben Nutzen, wenn Ankerfteine durch aneinander zu ftofsende kleinere Stücke erfetzt werden müffen, oder wenn die Binder nur bis zur gegenüber liegenden Läuferreihe reichen.

Fig. 197.



Wird eine Quaderverblendung nur an einem Mauerhaupte ausgeführt, fo wird man, je nach den Mitteln oder Umftänden, mehr oder weniger Binder in Anwendung bringen. Als genügend feft betrachtet man in der Regel einen Verband, bei welchem in jeder Schicht der Verblendung zwifchen zwei Läufern ein Binder liegt, alfo den polnifchen Verband (Fig. 198). Verbände von geringerer Feftigkeit zeigen in abfteigender Linie Fig. 199 u. 200[38]). Für Verblendungen mit Haufteinplatten empfiehlt fich befonders der in Fig. 201 u. 202 dargeftellte Verband. Die Lage der Binder kann auch bei diefen Anordnungen durch künftliche Verbindungsmittel gefichert werden.

Fig. 198.

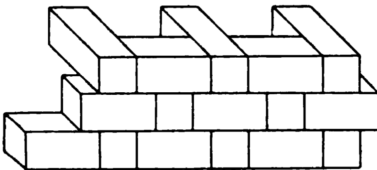


Fig. 199.

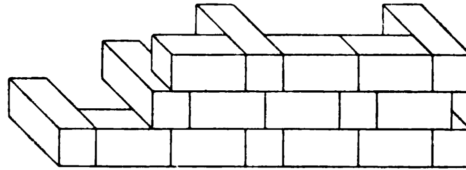
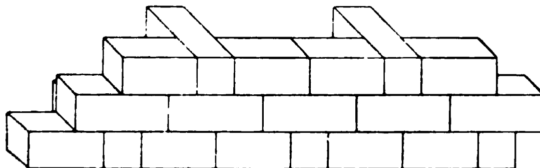
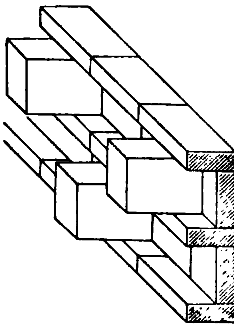
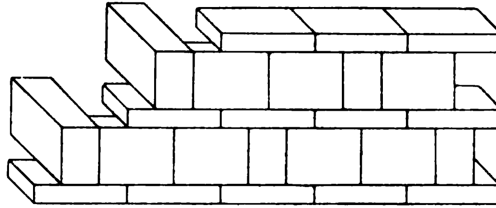


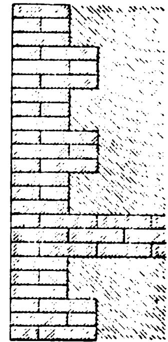
Fig. 200.



38) Die Römer bedienten fich insbefondere des in Fig. 200 dargeftellten Verbandes und haben mit demfelben vortreffliche Ergebniffe erzielt.

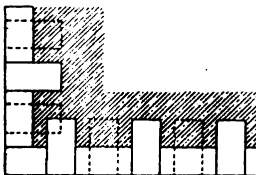

Fig. 201.

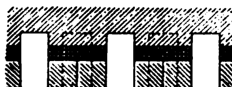

Fig. 202.

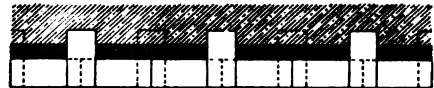

Fig. 203.

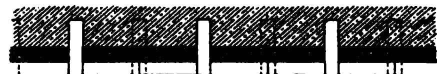
84.
Verblendung mit Backſteinen.

Erhalten die Mauern bei geringeren Stärken auf beiden Seiten Verblendung mit Backſteinen, ſo eignen ſich ebenfalls die Anordnungen des Käſtelmauerwerkes. Bei gröſseren Mauerſtärken und einſeitiger Verblendung kommt namentlich der polniſche Verband zur Anwendung (Fig. 204). Doch iſt derſelbe eigentlich nur brauchbar, wenn der Mauerkern aus Beton oder ſehr kleinſtückigen Bruchſteinen beſteht.


Fig. 204.


Fig. 205.


Fig. 206.


Fig. 207.

Bei gröſseren Bruchſteinen iſt eine gleichmäſsige Auflagerung der eingreifenden Binderköpfe nur ſchwer herbeizuführen und deshalb bei der geringen Dicke der Backſteine ein Abbrechen derſelben zu befürchten, wodurch natürlich der Zweck der Verbindung verloren geht. Mehr zu empfehlen iſt für dieſen Fall die Herſtellung einer ſtärkeren Verblendung von wechſelnder Dicke (Fig. 203), wobei alſo eine Verzahnung in der ganzen Ausdehnung der Mauer ausgeführt wird.

Die Verblendung kann auch mit Luftſchicht hergeſtellt werden, wie Fig. 205 bis 207 zeigen. Bei Backſteinrohbauten empfiehlt ſich für die $^1/_2$ Stein ſtarke Verblendung mit Luftſchicht der Binderverband (Fig. 205). Fig. 207 ſtellt eine Verblendung mit hochkantig geſtellten Steinen dar. Die Verblendung von Backſteinmauern mit feinen Verblendſteinen wird im nächſtfolgenden Heft (Abt. III Abſchn. 1, A, Kap. 2) dieſes »Handbuches« behandelt werden.

85.
Steinfachwerk.

Das Steinfachwerk leidet an demſelben Uebelſtand wie die Mauerverblendung, dem nämlich, daſs ſich die verſchieden gebildeten Teile ungleich ſetzen und ſich voneinander trennen können. Man ſucht dieſem Nachteil in der Regel durch eine Verzahnung zu begegnen; doch iſt darauf zu ſehen, daſs die Zähne keine zu geringe Höhe und keine zu groſse Länge erhalten, weil ſie ſonſt leicht abbrechen. Ferner iſt bei den Verzahnungen ebenfalls wieder, wie bei den Verblendungen, ſtreng darauf zu achten, daſs die Lagerfugen der gröſseren Steine in der ganzen Mauer fortlaufen, was allerdings nur bei regelmäſsigem oder lagerhaftem Mauermaterial erreichbar iſt

Fig. 208.

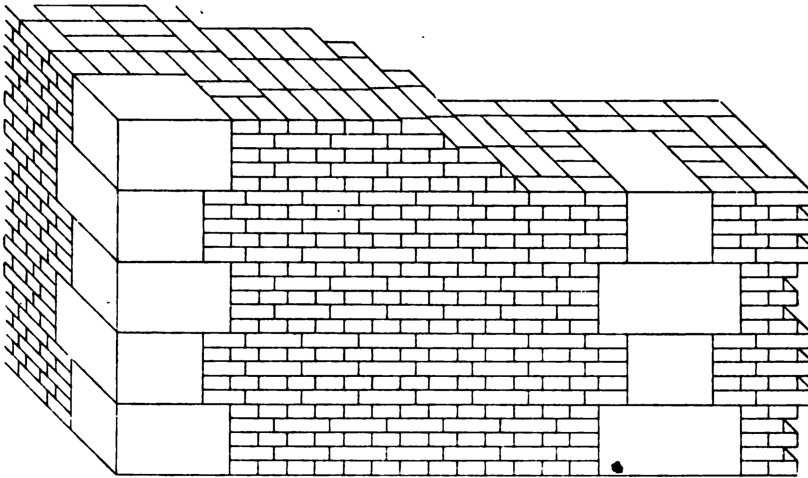


Fig. 209.

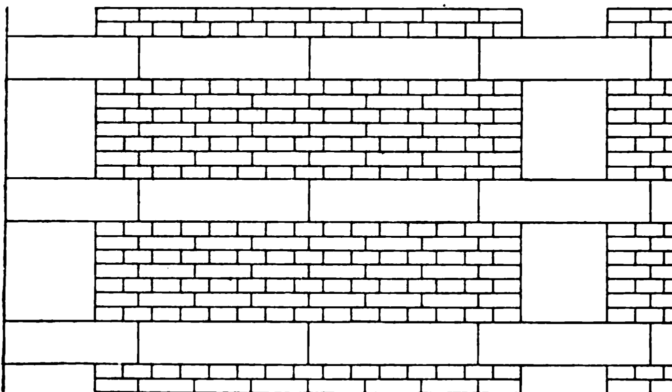
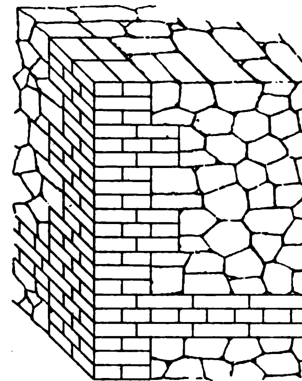


Fig. 210.



(Fig. 208 u. 209). Bei ganz unregelmäſsigen Bruchſteinen iſt eine abſatzweiſe Ausgleichung einzuführen und dann die ſchon erwähnte, den Abſätzen entſprechende Durchführung von Schichten aus regelmäſsigem Material von Vorteil (Fig. 210).

Fig. 211.

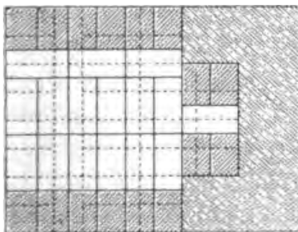
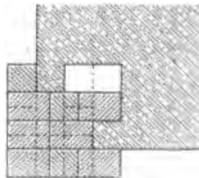


Fig. 212.



Bei Backſteinen darf die Verzahnung niemals nur eine Schicht ſtark werden, ſondern muſs ſtets aus mehreren Schichten beſtehen. Trotzdem werden ſich bei hohen Mauern, namentlich wenn dieſelben nicht in die erwähnten Höhenabteilungen zerlegt ſind, Trennungen zwiſchen den verſchiedenen Teilen ergeben, auch wohl die Verzahnungen abgeſprengt werden. Deswegen ſieht man in ſolchen Fällen wohl auch von den Verzahnungen ganz ab und läſst die Mauerteile in lotrechten Nuten ineinander greifen, ſo daſs ſich dieſelben unabhängig bewegen können. Es iſt dies allerdings nur bei dicken Mauern ausführbar (Fig 211); auch

follten die aus regelmäfsigerem Material hergeftellten Abfchnitte vor den anderen vorfpringen, um die Anfchlufsfuge zu decken (Fig. 212).

In ähnlicher Weife hat man im allgemeinen auch beim Anfchlufs neuer Mauerteile an alte zu verfahren. Verzahnungen find dabei nicht zu empfehlen.

---

3. Kapitel.

Steinverbindung.

Zur Herftellung fefter Steinkonftruktionen benutzt man die Steinverbände und in den meiften Fällen mit diefen zufammen die Steinverbindungen. Sachliche Rückfichten machen es zumeift nicht möglich, die Verbandanordnungen fo zu treffen, dafs durch fie allein Bewegungen einzelner Steine unmöglich werden. Um folche zu verhindern, zieht man die Steinverbindungen hinzu, welche die Befeftigung der Steine untereinander bezwecken. Diefe Befeftigung kann, wie fchon im 1. Kapitel angeführt wurde, auf dreierlei Weife erfolgen, und zwar:

a) durch Verbindung mittels der fog. Bindemittel (Mörtel etc.);
b) durch befondere Formung der Fugenflächen, und
c) durch befondere Hilfsftücke.

Diefe Verbindungen können entweder die Befeftigung der Steine innerhalb einer Schicht (in den Stofsflächen) oder der Steine aufeinander folgender Schichten (in den Lagerflächen) oder beides gleichzeitig bezwecken.

Das letztere ift in der Regel bei den Mörtelverbindungen der Fall, während die anderen Verbindungsarten einzeln oder vereinigt zur Verwendung gelangen.

a) Verbindung der Steine durch Bindemittel.

86. Aufgabe der Bindemittel.

Die Einzelbewegung eines Steines in einem Verbandmauerwerk, ein Gleiten oder ein Drehen desfelben kann nur eintreten, wenn der Platz dazu vorhanden ift. Diefer Platz ift durch den Fugenraum zwifchen den Steinen gegeben. Sind diefe Zwifchenräume fehr klein, die Fugen fehr eng (fcharf), was bei forgfältiger Bearbeitung oder Herftellung der Steine möglich ift, fo wird die Bewegung eines Steines unabhängig von feinen Nachbarn nur fehr gering ausfallen können. Sie wird aber ganz verhindert, auch bei gröfseren Zwifchenräumen, wenn diefelben mit einem Stoff von geeigneter Befchaffenheit ausgefüllt werden. Solche Stoffe find die fog. Bindemittel, durch welche alfo zunächft die Unverrückbarkeit der Steine erzielt wird, woraus eine Erhöhung der Feftigkeit des Verbandmauerwerkes fich ergibt. Unverrückbarkeit würde allerdings fchon eintreten, wenn die Fugen zwifchen den Steinen nur an einzelnen Stellen durch fefte Körper fcharf ausgefüllt werden. Erfolgt aber die Ausfüllung in der ganzen Ausdehnung der Fugen, fo ergibt fich eine weitere Erhöhung der Feftigkeit der Lagerung der Steine durch die vergröfserte Adhäfion zwifchen den Steinflächen, da diefe mit der Gröfse der Berührungsflächen wächft. Es folgt daraus aber auch, dafs es unbedingt zweckmäfsig ift, nicht blofs einzelne Fugen, fondern alle Fugen, und zwar vollftändig zu füllen. Dazu gehört aber, dafs das Bindemittel fich leicht in die Fugen bringen läfst, und anfänglich weich ift, damit es fich an alle Unebenheiten der Steine eng anfchliefsen könne. Dadurch erhält man zugleich einen ferneren Vorteil für die Konftruktion, nämlich den einer

gleichmäfsigen Druckverteilung in derfelben, die nicht mehr nur durch einzelne vorfpringende Punkte vermittelt wird, fondern in der ganzen Ausdehnung der Lagerflächen ftattfindet. Es mufs dabei das Bindemittel indes der Bedingung Genüge leiften, dafs es, einmal zufammengedrückt, fich nicht noch weiter zufammendrücken läfst.

Den bisher erwähnten Eigenfchaften, die von einem für die Füllung von Fugen geeigneten Bindemittel verlangt werden müffen, genügen aufser den Mörteln auch Moos und einige Erdarten, welche letzteren Stoffe denn auch in dem angedeuteten Sinne bei den fog. Trocken- oder Feldmauern Verwendung finden.

Viele Bindemittel, die fog. Mörtel, befitzen indefs noch eine weitere fehr wertvolle Eigenfchaft, nämlich die, aus einem weichen, halb flüffigen Zuftande in einen ftarren überzugehen und dabei feft an den Steinflächen zu haften, fo dafs ein Zufammenkitten der Steine erfolgt. Es find dies die Bindemittel im wahren Sinne des Wortes, über welche fchon in Teil I, Band 1, erfte Hälfte (Abt. I, Abfchn. 1, Kap. 3) diefes »Handbuches« das Nötige mitgeteilt worden ift, und die dort in chemifche und mechanifche Mörtel eingeteilt wurden. Die Mauerwerke, welche mit Hilfe der chemifchen Mörtel (Kalk-, Zement-, Gipsmörtel) hergeftellt werden, nennt man im gewöhnlichen Leben gemörtelte oder gefpeifte[39]) Mauern.

Die mechanifchen Mörtel (Lehm, Schamotte, Kitte, Afphalt, Schwefel, gefchmolzenes Blei, Lote etc.) haben eine mehr untergeordnete Bedeutung und finden nur aus befonderen Veranlaffungen Verwendung. Auch bei den chemifchen Mörteln ergibt fich faft immer nur eine mechanifche Verbindung mit den Steinflächen, durch Adhäfion und Eindringen in die Poren.

Auf die weitere Bedeutung vieler Mörtel als Mittel zur Dichtung der Fugen gegen das Eindringen von Feuchtigkeit fei hier nur vorläufig hingewiefen. Ebenfo ift es hier nicht am Platze, auf das Befondere der Anwendung der verfchiedenen Mörtel bei den verfchiedenen Steinmaterialien (auf das Mauern) einzugehen; dagegen müffen fchon hier die für alle Materialien gültigen Grundfätze der Anwendung erörtert werden.

Die chemifchen Mörtel, wenigftens die Kalk- und die Zementmörtel, werden in der Regel mit einem Zufatz von Sand oder einem anderen Füllftoff bereitet. Beim Zement wird der Sand der Erfparnis, der ficheren und leichteren Verwendung wegen zugefetzt; beim Kalk ift er notwendig, um im Mörtel die genügende Porofität für das Eindringen der atmofphärifchen Luft und damit ausreichende Säuerung des Aetzkalkes mit Kohlenfäure, möglichft vollftändige Umbildung des Aetzkalkes in kohlenfauren Kalk zu erzielen. Auch ift der Sandzufatz nötig, um genügende fefte Körperflächen zu haben, an welche der fich bildende kohlenfaure Kalk fich feft anlegen kann. Ohne Sandzufatz wirkt der Kalkteig nur druckausgleichend zwifchen den Steinen. 87. Grundfatz für chemifche Mörtel.

Die Menge Bindeftoff, welche dem Sande zur Mörtelbildung zuzufetzen ift, entfpricht der Menge von Flüffigkeit, die vom Sand unter gewöhnlichen Verhältniffen kapillar zurückgehalten werden kann. Es ift dies ein Mindeftmafs des Kalkzufatzes, welches aber bei ungenügendem Luftzutritt für rafchere Verfeftigung des Mörtels günftiger wirken kann, als ein reichlicherer Zufatz [40]). Im allgemeinen ift aber zur Erzielung gröfster Feftigkeit vollkommene Füllung aller Zwifchenräume zu

---

39) Die Bezeichnung »Mauerfpeife« oder »Speifs« wird vielfach für Mörtel verwendet.

40) Siehe: HAUENSCHILD, H. Zur Frage der Erhärtung des Kalkmörtels. Notizbl. des Ziegler- und Kalkbrenner-Vereins 1881, S. 68.

verlangen. Dies gilt auch vom Beton, bei deffen groben Füllmaffen übrigens die Kapillarität zwifchen denfelben nur fehr gering fein kann. Man hat daher zur Herftellung eines guten Betons alle Steinbrocken desfelben vollftändig mit Bindeftoff zu umhüllen; ein Mehr würde nicht nützlich fein. Alle Zwifchenräume follen eben nur ausgefüllt werden, was allerdings wegen der Körperlichkeit des Bindeftoffes einen Ueberfchufs an folchem über die gemeffene Summe der Zwifchenräume der Steinbrocken ohne Bindeftoff verlangt.

Derfelbe Grundfatz ift auch für die Bildung von Mörtelmauerwerk aufzuftellen; nur dafs bei diefem felbftverftändlich die Mauerhäupter von der Benetzung mit Mörtel auszufchliefsen find. Ein fo hergeftelltes Mauerwerk nennt man *fcharf gemauert*. Die Menge des notwendigen Mörtels ergibt fich dann als Summe der Zwifchenräume, der Fugen, für welche das zuläffig geringfte Mafs anzunehmen ift. Diefes geringfte zuläffige Mafs, die *Fugendicke*, ift aber von der Befchaffenheit der Fugenflächen und des Mörtels abhängig.

88. **Fugendicke.** Je ebener die Fugenflächen und je feinkörniger der Füllftoff des Mörtels find, um fo enger wird man die Fugen machen können. Beides hat aber feine untere Grenze, da durch Uebertreibung der Wirkfamkeit des Mörtels gefchadet werden kann. An glatten Flächen haftet der Mörtel meiftens fchlechter, als an etwas rauhen; ftaubartiger Sand ift für die Mörtelbereitung untauglich; er foll immer ein gut fühlbares, fcharfkantiges Korn befitzen.

Die Dicke der Fugen ift auch von der Geftalt der Steine und der Art des Steinmateriales abhängig. Ebenfo wird man zwifchen Lagerfugen und Stofsfugen einen Unterfchied machen können.

Bei der Mafsbeftimmung der Mauerziegel wird auf die Dicke der Fugen fchon Rückficht genommen; fo ift beim deutfchen Normal-Ziegelformat (fiehe Art. 21, S. 20) die Dicke der Stofsfugen auf 10 mm feftgefetzt, während die der Lagerfugen in der Regel etwas ftärker angenommen werden mufs, nämlich zu ca. 12 mm, wobei dann auf 1 m Höhe 13 Schichten kommen. Abgefehen von der dadurch erzielten Bequemlichkeit für die Maffenberechnung ift die gröfsere Lagerfugendicke häufig deswegen notwendig, weil die Steine gewöhnlich etwas verfchieden dick und öfters etwas über 65 mm ftark find, und man daher einigen Spielraum braucht, um die Oberkante der Steine in eine Wagrechte bringen zu können. Bei den forgfältig zubereiteten Verblendfteinen und feinfandigem Mörtel wird man dagegen bis zu 6 bis 8 mm herabgehen dürfen, während als oberfte Grenze für ordinäre Backfteine 15 mm anzunehmen wäre. Bei einer dicken Fuge wird wohl eine gleichmäfsige Druckverteilung zu erwarten fein, aber auch ein ftarkes Setzen des Mauerwerkes durch Zufammenpreffen und Schwinden des Mörtels. Wenn die Römer bei ihren Ziegelbauten Fugen von 25 bis 50 mm Dicke anwendeten, fo war dies wohl nur infolge ihres rafch bindenden Puzzolanmörtels zuläffig.

Auch bei Mauerwerken aus bearbeiteten natürlichen Steinen ift bei Feftftellung der Mafse auf die Fugendicke Rückficht zu nehmen, wenigftens auf die der Lagerfugen, die der gleichmäfsigen Druckverteilung wegen bei Verwendung von Mörtel nicht unter 5 bis 6 mm dick zu machen find, fonft aber auch nicht über 12 mm. Die Stofsfugendicke fucht man im allgemeinen möglichft knapp zu halten und kann dann, wenn man diefelben nach innen zu fich etwas erweitern läfst, bis zu 3 mm im Haupt herabgehen.

Bei Mauerwerk aus unregelmäfsigen Bruchfteinen ift felbftredend die Fugen-

dicke von der Form der Steine abhängig; doch dürfte hier, wie bei den Ziegeln, ebenfalls eine obere Grenze von 15 mm festzuhalten sein. Gröfsere Höhlungen sind mit Zwickern auszufüllen.

Mit einem Mörtel wird sich nur dann die beabsichtigte Wirkung vollkommen erzielen lassen, wenn gewisse Vorsichtsmafsregeln bei der Verwendung beobachtet werden. Dahin gehören Reinigen der Steinflächen, Näffen mancher Steinarten, Nichtstören des Abbindens des Mörtels und Verwendung von frischem Mörtel. 89. Vorsichts-mafsregeln.

Vollkommene Adhäsion zwischen Mörtel und Stein kann nur eintreten, wenn keine fremden Körper zwischen ihnen sich befinden, an welche der Mörtel sich anlegen kann. Solche, wie Staub, Verunreinigungen mit Erde etc., sind daher stets vor dem Vermauern von den Steinen zu entfernen, am vollständigsten durch Wegschwemmen mit Wasser.

Dadurch wird zugleich bei vielen Steinen etwas anderes, ebenso Wichtiges erreicht, nämlich ein gewisser Feuchtigkeitsgrad der Steine, welcher bewirkt, dafs dem Mörtel nicht zu rasch sein Wassergehalt entzogen wird; denn der Erhärtungsvorgang eines chemischen Mörtels kann nur dann genügend stattfinden, wenn derselbe einige Zeit eine ausreichende Feuchtigkeit behält. Bei porigen oder thonhaltigen Steinen, sowie bei Mauerziegeln, wenn sie nicht sehr scharf gebrannt sind, ist das erwähnte Annässen der Entfernung des Staubes wegen noch nicht ausreichend; sondern es wird bei ihnen eine stärkere Durchfeuchtung durch Begiefsen oder Eintauchen notwendig. Dagegen kann bei dichten Steinen und Klinkern ein stärkeres Annässen schädlich sein.

Sind die Steine einmal in ihr Mörtelbett gelegt, so dürfen sie nicht wieder verrückt oder erschüttert werden, weil der Mörtel nur einmal abbindet, was in Berührung mit dem Stein in dünner Schicht ziemlich rasch vor sich geht. Ein zweites Mal gehen die meisten Mörtel mit dem Stein keine Verbindung ein. Man mufs sich daher bestreben, die Steine rasch in die richtige Lage zu bringen und sie in dieser zu belassen. Deshalb ist auch das manchen Orts beliebte Zurichten der Schichtsteine oder Bruchsteine auf der Mauer entschieden verwerflich. Eben deshalb ist es auch schwierig, bei Mauern aus schweren, mühsam versetzbaren Quadern eine wirkliche Mörtelverbindung zu erzielen, und man hat daher bei diesen den Mörtel mehr als Füllmaterial für die Fugen zu betrachten.

Wünscht man eine feste Mörtelverbindung, so ist es aus dem eben angegebenen Grunde unbedingt notwendig, dann, wenn man gezwungen ist, einen schon versetzten Stein wieder zu verrücken oder aufzuheben, den früheren Mörtel sorgfältig zu beseitigen und durch neuen zu ersetzen. Wegen des raschen Abbindens der chemischen Mörtel, namentlich der Zemente und des Gipses, darf man auch nur verhältnismäfsig geringe Mengen auf einmal zubereiten, d. h. nur so viel, als man in der Zeit vom Anmachen bis zum vollendeten Abbinden zu verwenden im stande ist. Es gilt dies auch für die Kalkmörtel, die man deswegen nicht über Nacht unverwendet und, wenn dies nicht zu umgehen ist, wenigstens nicht ohne gewisse Schutzmafsregeln stehen lassen sollte.

Ueber diese Dinge, über die Eigenschaften, die ein guter Mörtel haben soll, über die verschiedenen Arten und die Zubereitung derselben findet sich das Nähere in Teil I, Band 1, erste Hälfte (Abt. I) dieses »Handbuches«. Es mag jedoch hier noch darauf aufmerksam gemacht werden, dafs aufsergewöhnliche Lufttemperaturen die Mörtelverbindung eines Mauerwerkes wesentlich stören können. In heifser 90. Schädigung durch Hitze und Frost.

Witterung hergeftelltes Mauerwerk, namentlich von dünnen Wänden, fowie fchnell künftlich getrocknetes Gemäuer erhält nur geringe Feftigkeit, infolge zu rafcher Entziehung der Feuchtigkeit oder infolge zu rafcher Erhärtung der äufseren Mörtelteile und dadurch herbeigeführter Minderung der Porofität[41]. Froft wird die Entwickelung einer Mörtelverbindung ganz zerftören oder wenigftens verzögern[42].

Wo Bauausführungen bei Froftwetter nicht zu umgehen find, mufs man befondere Mafsregeln treffen, die aber entfprechende Koftenvermehrung verurfachen[43].

91. Feftigkeit von Mörtelmauerwerk.

Je gleichartiger ein Stoff in feinem Gefüge ift, um fo gröfsere Feftigkeit wird er verhältnismäfsig befitzen. Ein Mauerwerk ift nun keine einheitliche Maffe, da die einzelnen Stücke desfelben durch die Fugen getrennt werden. Durch das Ausfüllen der Fugen mit Mörtel wird nun allerdings eine gröfsere Gleichmäfsigkeit erzielt; aber immerhin ift ohne weiteres anzunehmen, dafs ein folches Mauerwerk weniger feft fein wird, als der einzelne Stein für fich. Im Mauerwerk haben wir eine Verbindung von Körpern verfchiedener Feftigkeit, in welcher die Druckverteilung ungleichmäfsiger ift, als in den Steinen und dem Mörtel für fich allein. Es wird dies durch die Erfahrung beftätigt.

Böhme fagt hierüber[44]: »Namentlich werden — wenn das Bindematerial härter als der Stein ift — die Stofsfugen die Zerftörer fein, indem der darauf liegende Stein nicht zerdrückt wird, fondern zerbricht. Ift aber das Bindemittel weniger feft, fo wird an den Stellen, wo der Mörtel in grofser Menge vorhanden ift (z. B. in den Stofsfugen), derfelbe früher zerftört werden als der Stein; der Druck geht alsdann auf eine kleinere Fläche über, beanfprucht alfo die Flächeneinheit höher, und die übrigen Steine werden dadurch ebenfalls fchneller zerftört werden müffen. — Stellt man dagegen einen Mauerklotz her, der aus genau bearbeiteten Steinen in gutem Zementmörtel ohne Verband (frei von Stofsfugen) gemauert ift, fo ergeben fich bedeutend günftigere Refultate; ja es ift fogar vorgekommen, dafs ein folcher Mauerklotz mehr Widerftandsfähigkeit lieferte, als ein einziger Stein von der Gattung, aus welcher der Mauerklotz hergeftellt war.«

Verbandmauerwerk ift nun ohne Stofsfugen nicht herftellbar (höchftens bei fchwachen Haufteinpfeilern), fo dafs die Verfuche, welche mit Mauerklötzen angeftellt wurden, die nur Lagerfugen hatten, für die Praxis eigentlich keine Bedeutung haben. Leider ift die Unterfuchung von gröfseren Mauerkörpern aus Verbandmauerwerk mit grofsen Schwierigkeiten verknüpft, fo dafs folche bis jetzt wenig ausgeführt worden find. Für Mauerziegel liegt jedoch eine von *Böhme* mitgeteilte längere Verfuchsreihe vor[45]. Von derfelben follen hier die Schlufsergebniffe mitgeteilt werden, aus welchen der wefentliche Einflufs des Mörtels auf die Feftigkeit des Mauerwerkes erhellt.

Wenn mit δ die Feftigkeit des gemauerten Würfels und mit δ_1 die zuläffige Belaftung desfelben bei 10-facher Sicherheit in Prozenten der Feftigkeit der unvermauerten Steine bezeichnet wird, fo betragen diefe Werte bei den angeführten Mörtelmifchungen:

---

41) Ausführlicheres hierüber fiehe in: GOTTGETREU, R. Phyfifche und chemifche Befchaffenheit der Baumaterialien. Bd. II. 3. Aufl. Berlin 1881. S. 269 u. ff. — Vergl. auch das nächftfolgende Heft (Abt. III, Abfchn. 1, A, Kap. 2) diefes »Handbuches«.

42) Siehe hierüber: HAUENSCHILD, H. Zur Frage der Erhärtung von Kalkmörtel. Notizbl. des Ziegler- und Kalkbrenner-Ver. 1881, S. 68.

43) Ueber die Ausführung eines Brückenbaues bei Froftwetter fiehe: Deutfche Bauz. 1880, S. 74 — desgl. über die Ausführung des Bahnhofes Friedrichsftrafse in Berlin: Baugwks.-Ztg. 1885, S. 35. — Vergl. auch das nächftfolgende Heft (Abt. III, Abfchn. 1, A, Kap. 2) diefes »Handbuches«.

44) In: Die Feftigkeit der Baumaterialien. Berlin 1876. S. 9.

45) In: Thätigkeit der k. Prüfungs-Station für Baumaterialien im Jahre 1878. Zeitfchr. f. Bauw. 1880, S. 555. — Ueber andere Verfuche folgen Mitteilungen im nächftfolgenden Heft (Abt. III, Abfchn. 1, A, Kap. 11) diefes »Handbuches«. — Mitteilungen über Prüfungen von Ziegelmauerwerk an Pfeilern von 22 × 22 cm Druckfläche bei 60 cm Höhe finden fich auch in: Zeitfchr. f. Arch. u. Ing. 1897, Heftausg., S. 407 (nach Thoninduftrie-Ztg. 1896, S. 861).

Festigkeit	Mörtelmischung: I. 1 Teil Kalk, 2 Teile Sand.	II. 7 Teile Kalk, 1 Teil Zement, 16 Teile Sand.	III. 1 Teil Zement, 6 Teile Sand.	IV. 1 Teil Zement, 3 Teile Sand.
δ	44	48	55	63
δ_1	4,4	4,8	5,5	6,3
	Prozent.			

Unter Benutzung dieser Werte von δ_1 und der aus vielen Versuchen gefundenen Mittelwerte für die Druckfestigkeit der verschiedenen Backsteinsorten hat *Böhme* über die zulässige Belastung eines aus denselben hergestellten Verbandmauerwerkes folgende Tabelle aufgestellt.

Art der Steine	Mittlere Druckfestigkeit der unvermauerten Steine	Zulässige Belastung des Verbandmauerwerkes bei Mörtelmischung I. $\delta_1 = 4,4$ Proz.	II. 4,8 Proz.	III. 5,5 Proz.	IV. 6,3 Proz.	Zulässige Belastung nach den Bestimmungen des Berliner Polizeipräsidiums: Kalkmörtel	Zementmörtel	Bemerkungen
Gewöhnliche Hintermauerungssteine	206	9,1	9,8	11,3	13	8	—	
Bessere Backsteine, Mittelbrand	258	11,4	12,4	14,2	16,3	—	11	
Klinkersteine	379	16,7	18,2	20,8	24	—	14	
Poröse Vollsteine . . .	184	8,1	8,8	10,1	11,6	—	{ 3 6	leicht gebrannt hart gebrannt
Poröse Lochsteine . . .	84	3,7	4	4,6	5,3	—	—	
Lochsteine	194	8,5	9,3	10,7	12	—	—	
	Kilogramm für 1 qcm.							

Mit Bruchsteinen sind ähnliche Versuche zwar noch weniger angestellt worden; doch wird man bei ihnen über die für Backsteine ermittelten Prozentsätze (δ_1) der Festigkeit der unvermauerten Steine nicht hinausgehen dürfen, da die Gestalt der Stücke mit in Rechnung zu ziehen ist. *Böhme* gibt folgende Tabelle, deren Zahlen aber von ihm als hohe bezeichnet werden:

Bezeichnung der Bruchsteine	Mittlere Druckfestigkeit der unvermauerten Steine für die Würfelform	Zulässige Belastung für platten- oder klotzförmige Werkstücke ohne Mörtelverbindung	für Bruchsteinmauerwerk in Zementmörtel ($\delta_1 = 5,5$ Proz.)
Granit	1107	110	60
Porphyr	1302	130	72
Sandstein	460	46	25
Quadersandstein	679	68	37
Sandsteinquarz	1523	152	84
Basaltlava	391	39	21
Basalt	1382	138	76
	Kilogramm für 1 qcm.		

92. Mechanische Mörtel. War es bei den chemischen Mörteln im allgemeinen notwendig, die Steinflächen zu nässen, so ist das Umgekehrte bei den mechanischen Mörteln der Fall. Es sind dieselben in zwei Gattungen zu scheiden: in solche, die aus dem halb flüssigen Zustande infolge Austrocknens der mechanisch beigemengten Flüssigkeit in den festen übergehen (Lehm, Schamotte etc.), und in solche, die geschmolzen werden und durch Abkühlung erstarren (Asphalt, Blei, Schwefel etc.). Bei den ersteren würde das Nässen der Steine, ebenso wie eine zu grosse Feuchtigkeit des Mörtels (er braucht nur mit der Kelle verarbeitet und in die Fugen gebracht werden zu können) den Erhärtungsvorgang nur verzögern und ein stärkeres Schwinden und damit vermehrtes Setzen des Mauerwerkes verursachen. Bei den letzteren würde dagegen vorhandene Feuchtigkeit sogar schädlich (Verhinderung der Adhäsion) und unter Umständen (bei Blei) auch gefährlich für den Arbeiter werden können. Bei diesen Bindemitteln ist es daher angezeigt, die Steinflächen vor Feuchtigkeit zu schützen und etwa vorhandene durch Austrocknen zu beseitigen.

Für Lehm, Schamotte u. dergl. Mörtel gelten bezüglich der zu verwendenden Mörtelmenge und der Fugendicke dieselben Grundsätze, wie bei den chemischen Mörteln; es ist dieselbe nach Möglichkeit einzuschränken. Für die zu schmelzenden Bindemittel lassen sich in dieser Beziehung keine allgemeinen Regeln aufstellen.

93. Trockenmauerwerk. Trockene oder Feldmauern werden mit Hilfe von Moos und Erde hergestellt. Da es sich hierbei nur um Ausfüllung der Zwischenräume und feste Lagerung der Steine handelt, so muss das Bindemittel trocken zur Anwendung gelangen, damit ein späteres Schwinden und Setzen ausgeschlossen ist. Unter Trockenheit ist aber bei Erde nicht staubartige Beschaffenheit derselben zu verstehen; sondern sie muss etwas knetbar sein und sich noch gut in den Zwischenräumen durch Klopfen und Stampfen zusammenpressen lassen, wozu bei geeignetem Material nur geringe Feuchtigkeit notwendig ist.

94. Wahl des Bindemittels. Die richtige Wahl eines Bindemittels für einen gegebenen Fall kann für den dauerhaften Bestand eines Bauwerkes von grosser Wichtigkeit sein. Es ist hier nun nicht der Platz, auf diesen Gegenstand näher einzugehen, da hierüber einesteils schon in Teil I, Band 1, erste Hälfte (Abt. 1: Die Technik der wichtigeren Baustoffe) dieses »Handbuches« verhandelt worden ist, anderenteils dazu Veranlassung bei der Besprechung der einzelnen Konstruktionen vorliegt. Wir können uns daher hier mit allgemeinen Andeutungen begnügen.

Für die Wahl des Bindemittels kommen namentlich in Betracht: Beanspruchungen durch die Konstruktion, Einflüsse von Witterung, Feuchtigkeit, Temperatur und Benutzung des Bauwerkes, Einwirkung von Naturereignissen und benachbarten Nutzanlagen.

Werden Bauteile stark auf Zug oder Druck in Anspruch genommen, so muss ein Mörtel gewählt werden, der rasch eine eigene grosse Festigkeit erlangt (z. B. Portlandzement, während bei anderen, weniger beanspruchten Teilen ein Mörtel von geringerer Festigkeit oder ein solcher, der erst langsam fest wird (z. B. Luftkalkmörtel), genügen kann. Aehnlich verhält es sich, wenn bei Mauerkörpern starkes Setzen zulässig ist oder nicht (in letzterem Falle wird man einen rasch erhärtenden, nicht schwindenden Mörtel verwenden müssen), oder wenn Erschütterungen durch Naturereignisse oder benachbarte Nutzanlagen zu erwarten sind oder nicht. Häufig wiederkehrende Erschütterungen können unter Umständen einen elastischen Mörtel zweckmässig erscheinen lassen (z. B. Asphaltbeton für Gründung von Dampfmaschinen, Dampfhämmern etc.). Die

vorausſichtlichen Einflüſſe von Witterung und Feuchtigkeit verlangen einen Mörtel von entſprechenden, gewöhnlich einen ſolchen von hydrauliſchen Eigenſchaften. Da, wo Feuchtigkeiten am Durchdringen oder Aufſteigen verhindert werden ſollen, iſt ein waſſerdichter Mörtel notwendig (Zement, Aſphalt). Mauerwerke, die höheren Temperaturen ausgeſetzt ſind, müſſen mit einem Mörtel hergeſtellt werden, der durch die Hitze nicht zerſetzt wird (Lehm, Schamotte u. a. m.). Räume, in denen alkaliſche oder ſauere Dämpfe entwickelt werden, zur Fortleitung oder Aufbewahrung ähnlicher Flüſſigkeiten oder von Auswurfſtoffen benutzte Kanäle oder Gruben verlangen einen Mörtel, der keine chemiſchen Veränderungen durch die genannten Dünſte oder Stoffe erleidet. Andererſeits dürfen Eiſen, Blei und andere Metalle, die mit dem Mörtel des Mauerwerkes in Berührung kommen, durch dieſen nicht angegriffen werden. Mauern, welche waſſerdurchläſſig ſein ſollen (Futtermauern), wird man unter Umſtänden als Trockenmauern aufführen können. Auch die Zuſammenſetzung eines und desſelben Mörtels kann je nach dem Orte der Verwendung und der Beanſpruchung verändert werden. So wird man Mauerkörper, welche ſpäterhin ſtarke Belaſtung erhalten, mit einem magereren Luftmörtel ausführen können, als ſolche, die nur wenig belaſtet werden; Mauerziegel hat man, des geringeren Eigengewichtes wegen, mit fetterem Luftmörtel zu vermauern, als Quader und dichte Bruchſteine.

b) Verbindung der Steine durch beſondere Formung der Fugenflächen.

95. Verbindung innerhalb einer Schicht.

Zur Verbindung der Steine innerhalb einer Schicht durch beſondere Formung der Stoſsflächen ſind namentlich folgende Mittel im Gebrauch: vieleckige Geſtaltung der Steine im Grundriſs, ſchwalbenſchwanzförmige Ausbildung derſelben, Verſchränkung oder Auskröpfung der Stoſsfugen und Anwendung von Nut und Feder (Spundung). Die erſten beiden Mittel gelangen mehr im Ingenieurbauweſen zur Benutzung, müſſen aber der Vollſtändigkeit wegen hier mit zur Erörterung kommen und können in beſonderen Fällen auch im Hochbau Verwendung finden. Die beiden zuletzt angeführten Formungen der Fugenflächen ſind mehr im Hochbau gebräuchlich; zum Teile haben ſie allerdings auch nicht viel mehr, als geſchichtliche Bedeutung.

Bei all dieſen Arten der Formung der Fugenflächen iſt es erforderlich, darauf Rückſicht zu nehmen, daſs die Kanten der Steine nicht zu ſpitzwinkelig ausfallen. Es wird dies um ſo notwendiger, je weicher das Steinmaterial iſt. Auch empfiehlt es ſich immer zur Erſparnis an Koſten und Erzielung genauer Arbeit, möglichſt einfache Formen zu wählen.

96. Vieleckige Form der Steine.

Die vieleckige Grundriſsbildung der Steine iſt mit dem Polygonverband von aufgehendem Mauerwerk verwandt. Sie iſt namentlich bei der Konſtruktion von Leuchttürmen und Brückenpfeilern zur Anwendung gekommen, bei welchen der Wellenſchlag, bezw. der Eisgang oft ſehr bedeutende Schübe ausüben, ſo daſs eine beſondere Sicherung der Steine geboten erſcheint.

Fig. 213.

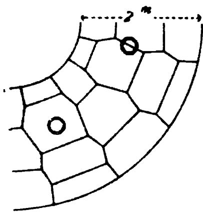
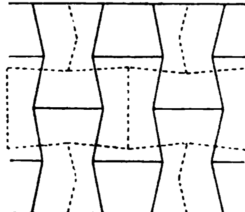


Fig. 214.

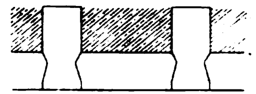


In Fig. 213 iſt als charakteriſtiſches Beiſpiel ein Teil einer Schicht eines Leuchtturmunterbaues aus der Bucht von Plymouth mitgeteilt [46]). Der Fugenſchnitt iſt hier mit groſsem Verſtändnis behandelt. Die aufeinander folgenden Schichten ſind

[46]) Nach: MÖLLINGER, K. Elemente des Steinbaues. I. Halle 1869.

durch eiferne Ringdübel verbunden. — Eine umftändlichere, fpitzwinkelige Kanten nicht vermeidende Bildung zeigt das Beifpiel in Fig. 214. Es würde fich diefer Mangel durch die fpäter zu befprechende rechtwinkelige Verfchränkung der Steine vermeiden laffen (fiehe Fig. 219).

Fig. 215.



97. Schwalbenfchwanzförmige Bildung der Steine.

Sehr viel wird zur Verbindung von Steinen einer Schicht die fchwalbenfchwanzförmige Geftaltung der Steine in Anwendung gebracht, weniger bei durchgängigem Quadermauerwerk (doch gehört teilweife hierher das Beifpiel in Fig. 214), als bei gemifchtem Mauerwerk mit Quaderverblendung aus Läufern und Bindern. Durch die in entfprechende Vertiefungen der Binder eingreifenden Vorfprünge der Läuferenden werden diefe letzteren in ihrer Lage gefichert, während die Binder durch die Hintermauerung belaftet und feftgehalten werden (Fig. 215). — Bei zweihäuptigem Mauerwerk können die Binder zu fehr wirkfamen Ankerfteinen gemacht werden (Fig. 217, bei *a*). Sind die Binder nicht in einer der Mauerdicke entfprechenden Länge zu befchaffen, fo kann man eine ähnlich kräftige Verankerung durch Stofs zweier oder mehrerer Binder und Verklammerung der inneren Köpfe (Fig. 217, bei *b*) erzielen. — Die Schwalbenfchwanzform wird oft auch zum Feftbinden von vor die Mauerfluchten vorfpringenden Architekturteilen benutzt (Fig. 216[47]).

Fig. 216.

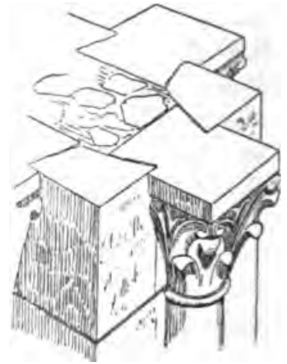


Fig. 217.

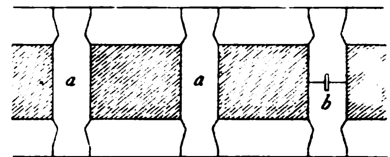


Fig. 218.

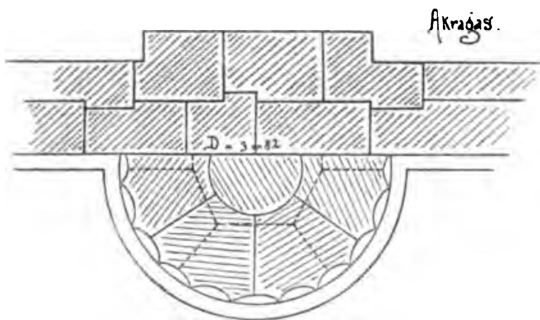
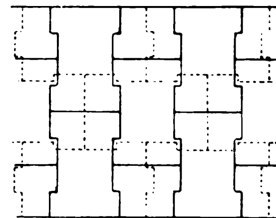


Fig. 219.



98. Verfchränkung der Stofsfugen.

Die Verfchränkung der Stofsfugen befteht darin, dafs die Fugenflächen auf einen Teil ihrer Länge rechtwinkelig ausgekröpft werden, und dafs man in die fo gefchaffenen Winkel die Ecken anderer Steine eingreifen läfst. Diefe Verbindungsweife ift bei vollem Quadermauerwerk zur Anwendung gebracht worden, wie das Beifpiel in Fig. 218 zeigt, welches einen Teil der Umfaffungsmauer des Zeus-Tempels zu Akragas darftellt. Fig. 219 zeigt, wie in dem Beifpiel Fig. 214 durch Anwendung der Verfchränkung die fpitzwinkeligen Kanten fich befeitigen liefsen.

99. Verbindung mittels Feder u. Nut.

Die Verbindung der Steine durch Nut und Feder kennzeichnet fich dadurch, dafs in den Mitten der Stofsflächen an einen Stein ein beliebig, aber zweckmäfsig geformter Vorfprung in eine entfprechende Vertiefung des benachbarten Steines ein-

[47]) Nach: VIOLLET-LE-DUC. *Dictionnaire raifonné de l'architecture etc.* Band I. Paris 1858. S. 504.

greift. Es ist diese Verbindungsweise im Grunde von der Verschränkung und von der schwalbenschwanzförmigen Gestaltung nicht wesentlich verschieden; sie ist aber diejenige, welche im Hochbau auch heutzutage noch zumeist angewendet wird, und zwar namentlich zur engeren Verbindung von Abdeckungsplatten von Mauern, von gestossenen Treppenstufen oder auch zur besseren Sicherung von aufrecht gestellten Sockelplatten etc. (Beispiele hierfür bieten Fig. 220 *a—d*, 221 und 222.) Die Griechen befestigten auf diese Weise mitunter die Metopenplatten der dorischen Tempel in den Triglyphenblöcken [48]. Selbstverständlich können auch Läufer und Binder in dieser Weise verbunden werden.

Fig. 220.

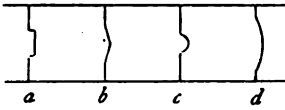


Fig. 221.

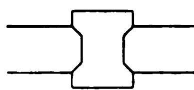


Fig. 222.

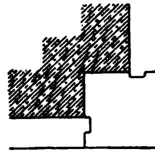


Fig. 223.

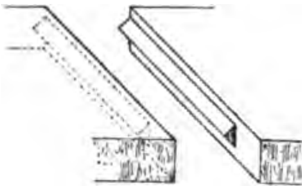
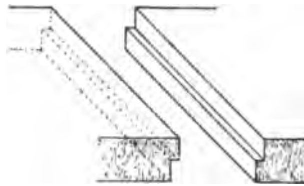
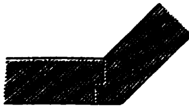


Fig. 224.



Dieses Mittel wird auch zur Dichtung der Fugen von Balkonplatten, Treppenflözen, Abdeckungsplatten oder dergl. verwendet (Fig. 223). Zu demselben Zwecke wird die Ueberfalzung benutzt (Fig. 224). Diese kommt ebenfalls bei aufrecht gestellten Platten zur Anwendung. So zeigt Fig. 225 die bei dem Dachreiter der frühgotischen Kapelle zu Iben in Rheinhessen verwendete Ueberfalzung.

Fig. 225.



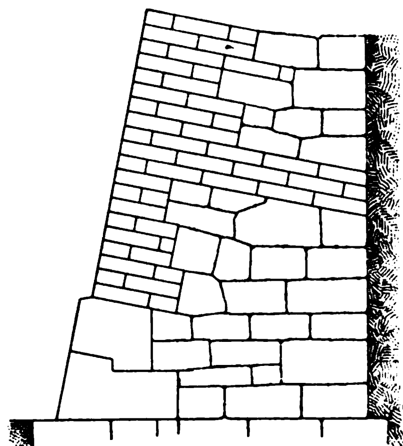
Zur Verbindung der Steine aufeinander folgender Schichten durch besondere Formung der Lagerfugenflächen verwendet man die Verkämmung und auch wieder die Verbindung durch Nut und Feder. 100. Verbindung in aufeinander folgenden Schichten.

Die Verkämmung der Lagerflächen ist der Verschränkung der Stossflächen ganz

Fig. 226.



Fig. 227.



[48]) Siehe Teil II, Band 1 (S. 86, 2. Aufl. S. 118) dieses »Handbuches«.

ähnlich; ſie beſteht in rechtwinkeligen Auskröpfungen. Ein gutes Beiſpiel hierfür bietet das Stylobatgemäuer des Zeus-Tempels zu Akragas (Fig. 226), von dem ſchon ein Stück Umfaſſungsmauer in Fig. 218 (S. 80) dargeſtellt wurde[49]).

Fig. 228.

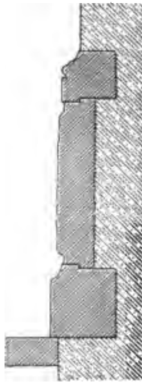


Fig. 229.

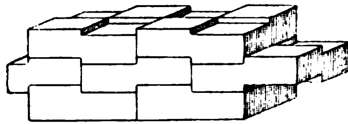


Fig. 230.

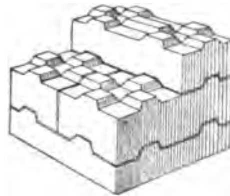


Fig. 231.

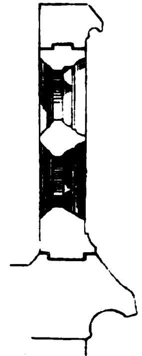


Fig. 232.

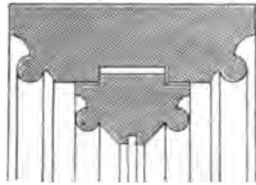
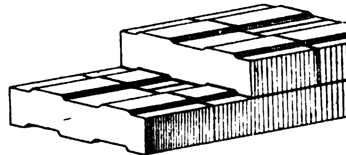


Fig. 233.

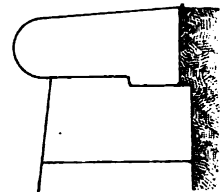


Die in Fig. 229 mitgeteilte Verkämmung verhindert nach allen Richtungen hin Verſchiebungen.

In Frankreich werden Backſteine nach demſelben Grundgedanken hergeſtellt, und zwar in zwei Formen: *Brique Robert* (Fig. 233) und *Brique-blindage* (Fig. 230[50]).

Die Verkämmung der Lagerfugen wird öfters angewendet, um Sockelſteine und Deckplatten von Futtermauern, Stützmauern, Terraſſenmauern etc. gegen Verſchiebung zu ſichern (Fig. 227, 234 u. 235), ebenſo um aufrecht geſtellte Platten von Sockelmauern feſtzuhalten (Fig. 228).

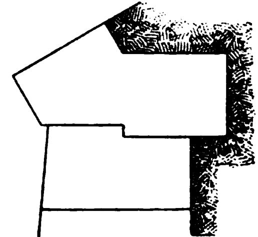
Fig. 234.



Die Verbindung der Lagerflächen durch Nut und Feder wird häufig zur Anwendung gebracht, um frei ſtehende Konſtruktionsteile oder ſolche, die keine Belaſtung erhalten dürfen, gegen eine ſeitliche Verſchiebung zu ſichern, ſo z. B. die einzelnen Höhenabteilungen von Galerien oder Baluſtraden (Fig. 231) und die Fenſtermaſswerke (Fig. 232).

Ganz ähnlich iſt die Zapfenverbindung, welche mitunter zu verwandten Zwecken angewendet wird.

Fig. 235.



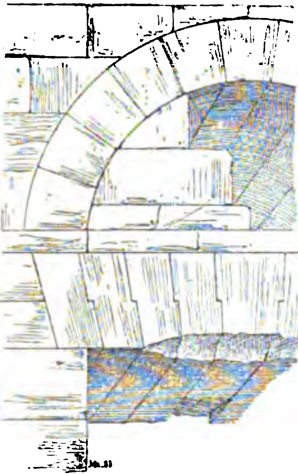
101. Verbindung der Wölbſteine in den Lagerfugen.

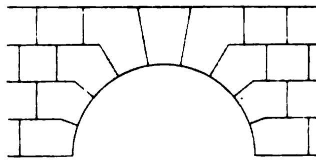
Hierher gehören auch die verſchiedenen Verbindungsweiſen von Wölbquadern in den Lagerfugen, um ſie gegen ein Gleiten zu ſichern oder auch um die Widerlagsſtärken verringern zu können.

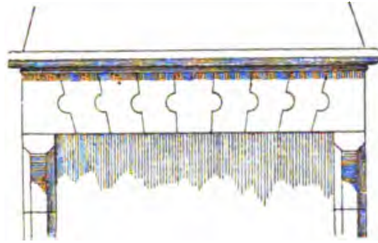
Zu dieſem Zwecke werden Verkämmungen, Verhakungen oder Verzahnungen ſowie auch die Verbindungen von Nut und Feder, beſonders bei den ſcheitrechten Bogen, angewendet. Fig. 236 zeigt die Konſtruktion des Sturzes der Mittelthür des römiſchen Theaters zu Orange in Südfrankreich. Dieſe Konſtruktionsweiſe wurde von den Römern mitunter zur Anwendung gebracht. Fig. 237 ſtellt die im XVII. und XVIII. Jahrhundert ſehr beliebte Umbildung derſelben für den Vollbogen dar. Der konſtruktive Wert

[49]) Siehe ebendaſ., S. 52 (2. Aufl. S. 72).

[50]) Nach: *La ſemaine des conſt.*, Jahrg. 3, S. 380.

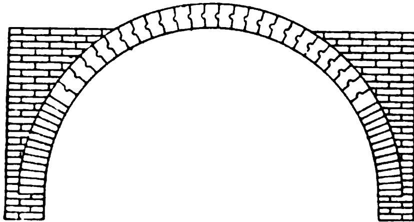

Fig. 236.


Fig. 237.

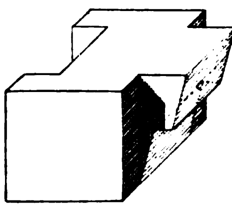

Fig. 238.

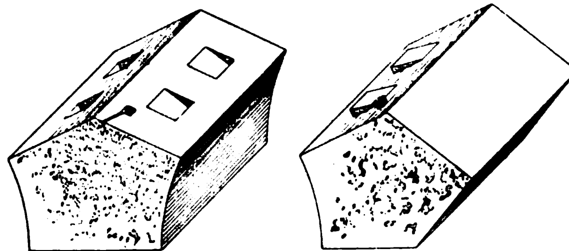
diefer Verbindung ift jedoch zweifelhaft. Die Anwendung erfolgte in der Regel, um den Anfchlufs und die Höhe der benachbarten Quaderfchichten regeln zu können.

Die Benutzung von Nut und Feder für den fcheitrechten Bogen und Vollbogen zeigen Fig. 238 u. 239. Es wird diefe Verbindungsweife auch bei gebrannten Steinen angewendet, fo die Art der Konftruktion in Fig. 238 öfters bei Terrakottabauten in England, die Wölbungsweife in Fig. 239 zur Herftellung der Brennkammern von Ziegelöfen. Noch künftlichere Verbindungen diefer Art finden fich an mittelalterlichen Bauwerken Englands und Frankreichs [51]), fowie an mohammedanifchen Bauten [52]). — Eine Vereinigung der Verzahnung und der Verbindung durch Nut und Feder bietet Fig. 240 [53]). Diefe künftliche Verbindung wird im Aeufseren der fcheitrechten Bogen nicht fichtbar.


Fig. 239.

Ein ähnliches Mittel, die Zapfenverbindung, verwendeten die Römer, um die


Fig. 240.


Fig. 241.

Wölbfteine der unteren Teile der Bogen aufeinander feftzuhalten, da diefe ohne Wölbrüftung ausgeführt wurden, fo am Koloffeum in Rom (Fig. 241 [54]).

102.
Verbindung der Steine in den Stofs- und Lagerflächen.

Oefters erfcheint es zweckmäfsig, fowohl die Steine der Schichten unter fich, als auch die Schichten miteinander zu verbinden. Das letztere erfolgt allerdings gewöhnlich durch Hinzuziehen befonderer Hilfsftücke, wie dies z. B. in Fig. 213

[51]) Siehe: Gwilt, J. *An encyclopedia of architecture.* London 1876. S. 568.

[52]) Vergl.: Teil II, Band 3, zweite Hälfte (Art. 32, S. 38 [2. Aufl. S. 40]) diefes »Handbuches«.

[53]) Nach: Ringleb, A. Lehrbuch des Steinfchnittes etc. Berlin 1844. Taf. 21.

[54]) Nach: Choisy, A. *L'art de bâtir chez les Romains.* Paris 1873. S. 127.



Fig. 242.

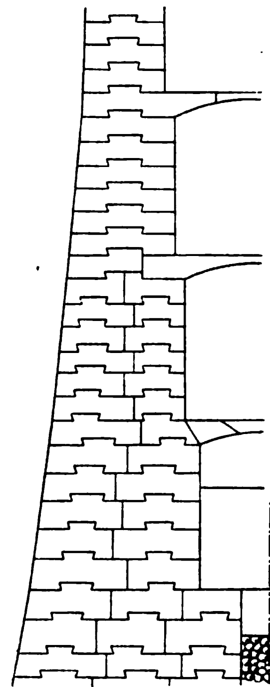


Fig. 243.

(S. 79) der Fall war. Eine allſeitige Verbindung neben- und übereinander liegender Stücke durch Nut und Feder zeigt das in Fig. 242 abgebildete Stück des ſteinernen Geländers der Freitreppe am Stadthauſe in Winterthur. Verbindung aller Steine in den Stoſs- und Lagerfugen durch Verſchränkung, bezw. Verkämmung wurde bei dem neuen Eddyſtone-Leuchtturm angewendet (Fig. 243 u. 244 [55]).

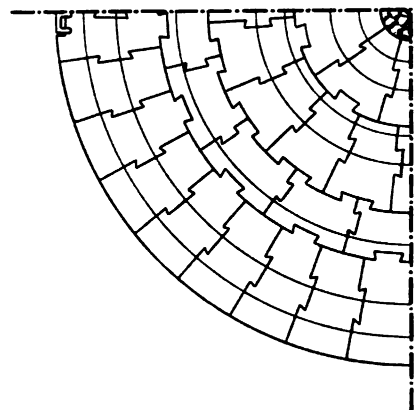


Fig. 244.

Vom neuen Leuchtturm zu Eddyſtone [55]).
$^{1}/_{150}$ w. Gr.

103.
Fugen mit Kanälen.

Ein anderes hier anzuführendes Mittel iſt die Einarbeitung von einander entſprechenden dreieckigen oder halbkreisförmigen Nuten in den Lager- oder Stoſsflächen oder in allen Fugenflächen der benachbarten Steine, wodurch Kanäle von quadratiſchem oder kreisförmigem Querſchnitt von 3 bis 10 cm Breite gebildet werden, die man mit Zementmörtel oder Zementbeton ausfüllt (Fig. 246).

Zu berückſichtigen iſt hier auch die Verbindung der Steine in den Stoſsfugen dadurch, daſs man in die Stoſsflächen gegenüber liegende Höhlungen (Fig. 245) einarbeitet, welche mittels eines Kanales von oben her mit Zementmörtel oder auch mit Blei ausgefüllt werden.

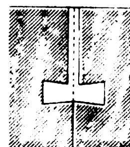


Fig. 245.

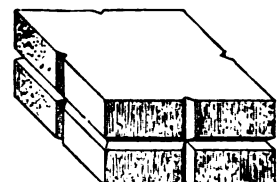


Fig. 246.

[55]) Nach: Zeitſchr. f. Bauw. 1887, Bl. 65.

c) Verbindung der Steine durch befondere Hilfsftücke.

Die Verbindung der Steine mittels befonderer Formung der Fugenflächen ift zwar in den meiften Fällen geeignet, die ficherften und dauerhafteften Ergebniffe zu liefern; fie ift aber immer koftfpielig, nicht nur wegen des infolge des Ineinandergreifens der Steine erforderlichen gröfseren Materialaufwandes, fondern auch wegen der oft umftändlichen und fehr genau auszuführenden Bearbeitung der Flächen und der fchwierigen Verfetzung der Steine. Bei nicht ganz genauer Arbeit wird der beabfichtigte Zweck entweder ungenügend oder gar nicht erreicht. Deswegen bedient man fich viel häufiger der billigeren und bequemer anzuwendenden Verbindung durch befondere Hilfsftücke, die allerdings oft, wegen der Vergänglichkeit der verwendeten Materialien und der mit denfelben für die Konftruktion verknüpften Gefahren befondere Vorfichtsmafsregeln erforderlich machen. Diefe Bemerkung bezieht fich auf das fo oft zur Anwendung gelangende Eifen und auch auf das Holz. 104. Hilfsftücke.

Die Hilfsftücke können nämlich aus Stein, Holz und Metallen hergeftellt werden. Unter den letzteren kommen zur Verwendung Kupfer, Bronze, Meffing, Blei und vor allen Dingen das Eifen, als das billigfte. Holz ift bekanntlich unter wechfelnder Trockenheit und Feuchtigkeit von geringer Dauer; durch Einwirkung von Feuchtigkeit quillt es an und kann die verbundenen Steine zerfprengen. Das Eifen roftet rafch, befonders unter Einwirkung von Näffe und Kalk- und Gipsmörtel, dehnt fich dabei aus und kann infolgedeffen auch die Konftruktionen zerftören. Die zur Verhütung diefer Gefahren zu ergreifenden Mafsregeln follen fpäter befprochen werden.

Zur Verbindung der Steine in einer Schicht werden namentlich die Verklammerungen und Verankerungen verwendet. Bei den erfteren greift das Hilfsftück in der Regel nur über eine Stofsfuge hinweg, während bei den letzteren eine gröfsere Anzahl von Stofsfugen überfprungen werden.

Die Klammern kommen hauptfächlich in zweierlei Geftalt in Anwendung: in der doppelt fchwalbenfchwanzförmigen Geftalt (Fig. 249) und als prismatifcher Stab mit umgebogenen Enden (Fig. 250). Die erfte Form wird entweder von einem feften und zähen Stein (Granit, Grünftein, Marmor) oder von Metall hergeftellt. 105. Verbindungen in einer Schicht.

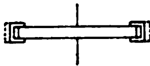



Fig. 247.




Fig. 248.

Nach *Ch. Normand*[56]) find beim Pantheon in Rom doppelt fchwalbenfchwanzförmige Klammern aus Bronze von 280 mm Länge, 130 mm Breite und 22 mm Dicke zur Verwendung gekommen, und *Rondelet*[57]) teilt mit, dafs beim Abbruch eines Teiles der äufseren Umfaffungsmauern des Forum des *Nerva* in Rom aufserordentlich gut erhaltene Schwalbenfchwänze aus hartem Holz gefunden wurden.

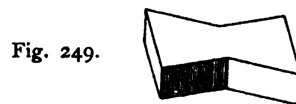


Fig. 249.

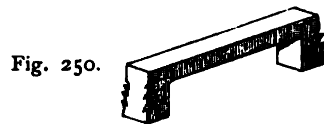


Fig. 250.

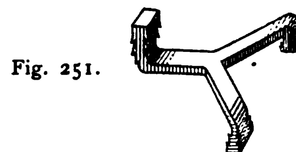


Fig. 251.



Fig. 252.

Die zweite, bei weitem häufiger vorkommende Form der Klammer wird nur in Metall ausgeführt, und

56) In: *Effai fur l'exiftence d'une architecture métallique antique. Encyclopédie d'arch.* 1883, S. 75.

57) In: Theoretifch-praktifche Anleitung zur Kunft zu bauen. Band 2. Aus dem Franzöfifchen von C. H. DISTELBARTH. Leipzig und Darmftadt 1834. S. 27.

zwar gewöhnlich in Guſs- oder beſſer in Schmiedeeiſen. Man nennt ſolche Klammern Steinklammern, zur Unterſcheidung von den ähnlich geformten Holzklammern, welche aber ſpitze Füſse haben und in das Holz eingeſchlagen werden. Die Steinklammern werden um ihre Dicke in den oberen Lagerflächen der Steine eingelaſſen. Die umgebogenen, 25 bis 40^{mm} langen und gewöhnlich aufgehauenen Enden, die Klammerfüſse oder Pratzen, greifen in entſprechend tiefe und gröſsere Löcher ein, welche ſich nach auſsen etwas erweitern, um das Herausziehen derſelben zu erſchweren (Fig. 247). Der Raum um dieſelben wird mit einem zweckentſprechenden Material (Blei, Schwefel, Gips, Zement, Aſphalt, Steinkitt) feſt ausgefüllt, worüber weiter unten das Nötige mitgeteilt werden wird. Die Länge und Stärke der Klammern haben ſich einesteils nach der Gröſse der zu verbindenden Steine zu richten, anderenteils nach der Feſtigkeit des Steinmaterials, nach welcher zu beurteilen iſt, wie weit von den Fugen entfernt man die Klammerlöcher anbringen kann; hiernach kann dieſes Maſs 5 bis 20^{cm} betragen.

Zu den ſchmiedeeiſernen Steinklammern wird Quadrat- oder Flacheiſen verwendet; die umgebogenen Enden werden durch Stauchen verdickt. Bei Verwendung von Flacheiſen liegt in der Regel die Klammer mit der flachen Seite auf dem Stein. Bleiben jedoch die Klammmern äuſserlich ſichtbar, wie bei der Verbindung von Mauerabdeckungsplatten, ſo iſt es zweckmäſsiger, dieſelben hochkantig zu ſtellen, um ſie dadurch vor der Einwirkung der Atmoſphäre und vor Entwendung beſſer zu ſchützen (Fig. 248). Dasſelbe kann auch mit den ſchwalbenſchwanzförmigen Klammern geſchehen (Fig. 252).

Griechen und manche andere alte Völker verwendeten bei ihren Quaderbauten vielfach verſchiedenartig geformte Metallklammern [58]).

Klammern, welche vom oberen Lager eines aufrecht geſtellten längeren Werkſtückes (z. B. von einem Fenſter- oder Thürgewände) in das benachbarte Mauerwerk greifen, um den fehlenden Verband zu erſetzen, nennt man Stichklammern.

In beſonderen Fällen werden die Steinklammern mit gegabelten oder auch mit entgegengeſetzt umgebogenen Enden verſehen. Das erſtere wird angewendet, wenn durch eine Klammer mehr als zwei Steine verbunden werden ſollen, das letztere, wenn Quader mit einer Hintermauerung von Ziegeln oder Bruchſteinen in Verbindung zu bringen ſind. Das aufwärts gebogene Ende läſst man in die Fugen der Hintermauerung eingreifen (Fig. 251).

Bei Herſtellung der Hohlmauern aus Ziegeln bedienen ſich die Engländer häufig in der in Fig. 261 dargeſtellten Weiſe einer der in Fig. 253 bis 260 abgebildeten Klammerformen aus Guſs- oder Schmiedeeiſen. Auch in Deutſchland werden jetzt Klammern zu dieſem Zwecke verwendet [59]), die man wohl auch aus Draht herſtellt [60]).

Fig. 253.



Fig. 254.



Fig. 255.



Fig. 256.



Fig. 257.



Fig. 258.

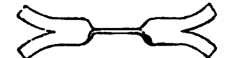


Fig. 259.

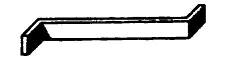
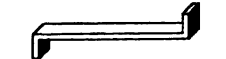


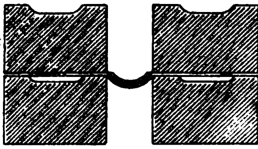
Fig. 260.



[58]) Siehe hierüber Teil II, Band 1 (S. 57 [2. Aufl. S. 77]) und Band 2 (S. 132) dieſes »Handbuches«.

[59]) Vergl.: Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 455.

[60]) Ebendaſ. 1892, S. 486.


Fig. 261.

Bei Hintermauerung von Quaderverblendungen, fowie bei Mauerwerk aus kleinftückigem Material kommen auch die eigentlichen Verankerungen in Anwendung. Die Anker find entweder ähnlich geftaltet wie die Klammern, d. h. bei gröfserer Länge mit umgebogenen Enden verfehen, oder fie find wie die Balkenanker gebildet, d. h. fie haben Splinte, die in lotrechter Stellung durch Oefen am Ende der Eifenftangen gefteckt werden.

Die erftere Art wird von *Rankine*[61]) als Reifeifenverband bezeichnet und mitunter bei Ziegelmauerwerk angewendet, um die Zugfeftigkeit in der Längenrichtung zu vermehren. Die Flacheifenftangen follen in ihren Stöfsen abwechfeln, an den Enden um ca. 5 cm nach abwärts gebogen fein und brauchen als Querfchnittsfläche nicht mehr als 1/300 des Mauerquerfchnittes zu haben.

Nach *H. Müller*[62]) werden zum Reifeifenverband gewöhnlich Bandeifen von 2 mm Dicke und 42 mm Breite verwendet, die im Handel in Längen von ca. 8,20 bis 8,25 m zu haben find. Sie werden in die Lagerflächen der Backfteinfchichten zu mehreren nebeneinander gelegt, und zwar fo, dafs fie auf keine in der Längenrichtung laufenden Stofsfugen treffen. An den Enden werden die Bandeifen um den letzten Stein herum bis zum zweiten oder dritten Stein vorher zurückgebogen. Durch die Einwirkung des Kalkmörtels werden die Bandeifenftreifen zwar nach und nach zerftört; inzwifchen ift aber die Feftigkeit des Mörtels felbft eine bedeutende geworden.

Brunel hat durch Verfuche die grofse Wirkfamkeit des Reifeifenverbandes nachgewiefen[63]). Er fchreibt den Zuwachs an Feftigkeit der Adhäfion des Zement- oder Kalkmörtels an der Oberfläche des Eifens zu, wonach eine gröfsere Anzahl von fchwachen Bändern zu befferen Ergebniffen führen würde, als eine kleinere Zahl ftärkerer. An Stelle von Eifen verwendete *Brunel* auch dünne Holzlatten. Er weift übrigens auch auf die Gefahren hin, die durch die Roftbildung des Eifens für Fundamente aus poröfen Ziegeln fich ergeben[64]).

Die Anker mit Splinten haben folche entweder nur an einem Ende (Fig. 262) oder an beiden Enden. Der Splint befteht aus Flacheifen, deffen Breite in die Längsrichtung des Ankers genommen wird, oder aus Quadrat- oder Rundeifen. Die Oefe wird entweder durch Verdrehen (Kröpfen) und Umbiegen des Flacheifens gebildet (Fig. 262), oder durch Umbiegen des Endes und Durchlochung (Fig. 263), oder durch Ausfchmieden eines Ringes (Fig. 264).

Die Verankerungen werden mitunter auch fo ausgeführt, dafs der Anker an dem einen Ende einen Splint hat, während er mit dem anderen umgebogenen Ende in das Loch einer in der Längsrichtung der Mauer laufenden Eifenfchiene greift, welche denfelben Dienft auch noch anderen Ankern leiftet.

Fig. 265 zeigt die Anwendung diefer Verbindungsweife beim Wiederherftellungsbau des Schloffes Saint-Germain bei Paris[65]).

Anzuführen find hier auch die Verankerungen mit langen Eifenfchienen, an welchen in Abftänden Zapfen befeftigt find, die in die Steine eingreifen. Bei diefen und ähnlichen Konftruktionen find die Gefahren zu berückfichtigen, die, aufser durch das Roften, auch durch die Ausdehnung und Zufammenziehung der langen Eifenfchienen bei Temperaturänderungen für das Mauerwerk erwachfen können.

Sehr ausgedehnte Verankerungen kommen bei folchen Gebäuden zur Anwendung, welche gegen die Wirkungen von Erdbeben oder Bodenfenkungen gefchützt werden follen. Ueber die befonderen Konftruktionen zu diefem Zwecke findet fich das Nähere in Teil III, Band 6 diefes »Handbuches« (Abt. V, Abfchn. 1, Kap. 3: Sicherungen gegen die Wirkung von Bodenfenkungen und Erderfchütterungen). Ver-

61) Handbuch der Bauingenieurkunft. Ueberfetzt von F. Kreuter. Wien 1880. S. 432.

62) In: Die Maurerkunft. 3. Aufl. Leipzig 1879. S. 306.

63) Nach: Allg. Bauz. 1838, S. 137.

64) Ein Beifpiel einer Gründung mit Bandeifeneinlagen auf nachgiebigem Boden findet fich in: Centralbl. d. Bauverw. 1898, S. 237.

65) Nach: *Gaz. des arch.* 1863, S. 217.

Fig. 262.

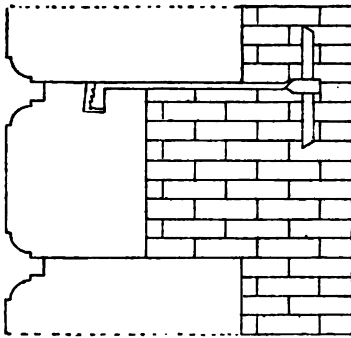


Fig. 263.

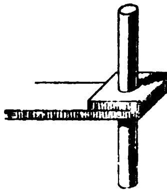


Fig. 264.

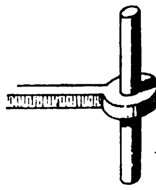
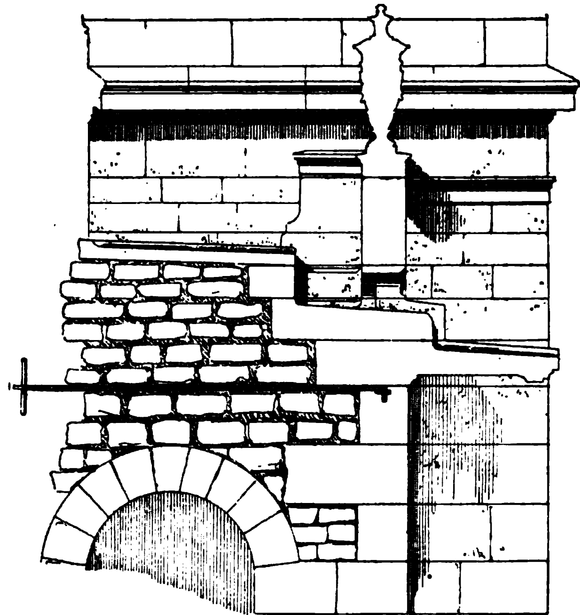
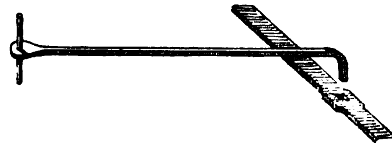


Fig. 265.





ankerungen zur Verstärkung der Festigkeit der Mauern werden auch im nächsten Bande, Heft I (Abt. III, Abschn. 1, A, Kap. 11) dieses »Handbuches« besprochen werden.

106. Verbindung aufeinander folgender Schichten.

Die Verbindung der Steine aufeinander folgender Schichten erfolgt durch prismatisch, cylindrisch oder doppelt schwalbenschwanzförmig gestaltete Stücke von Stein, Holz oder Metall, welche in beide Lagerflächen auf angemessene Tiefe eingreifen, durch die sog. Dübel oder Dollen[66]).

Die steinernen Dübel werden nur da angewendet, wo die Gröfse der Quader dies gestattet; sie sind im Querschnitt quadratisch und erhalten eine Länge, die etwa dem fünften Teile der Höhe der zu verbindenden Quader entspricht, während die Breite etwa ebenso grofs bis zwei Drittel davon gemacht wird. Der dazu verwendete Stein mufs sehr fest und zähe sein. Sie werden häufig in das obere Lager der unteren Schicht genau passend mit Zement eingesetzt, während das Loch im unteren Lager der oberen Schicht grofs genug sein mufs, um ein bequemes Versetzen zu ermöglichen. Der Zwischenraum wird in der später zu beschreibenden Weise mit Zement ausgegossen. Für das Vergiefsen ist es besser, umgekehrt zu verfahren und den Dübel im unteren Lager des oberen Steines zu befestigen. Es gilt dies auch für die Dübel aus anderen Stoffen.

Die hölzernen Dübel sind ähnlich gestaltet, wie die steinernen und von ähnlicher Gröfse. Sie müssen von möglichst trockenem, festem, zähem und dauerhaftem Holz (Eiche, Cypresse, Olive) hergestellt werden. Die Fugen füllt man mit Sand oder Harzkitt aus. Von den Griechen sind hölzerne Dübel bei den Tempelbauten vielfach verwendet worden.

Die metallenen Dübel (am besten von Bronze oder Kupfer, am häufigsten von Eisen) werden ähnlich wie die steinernen versetzt, erhalten eine Länge, die auch für

66) Auch Dübbel, Düpel, Diebel, Dippel, Dobel oder Döbel genannt.

die gröfsten Quader mit ca. 15 cm genügend, gewöhnlich aber mit 8 bis 10 cm hinlänglich grofs ift, und eine Dicke von 2,5 bis 5,0 cm. Die beiden Enden werden nach entgegengefetzter Richtung aufgehauen. In den Löchern werden fie mit den fchon für die Klammern angegebenen Mitteln vergoffen.

Es ift hier noch anzuführen, dafs man die Metalldübel, und zwar gewöhnlich in doppelt fchwalbenfchwanzförmiger Geftalt (wie Fig. 252, S. 85), auch zur Verbindung der Stofsfugen aufrecht geftellter Platten benutzt (Fig. 266), bei denen eine Klammerverbindung im oberen Lager eine Bewegung im unteren Teile nicht verhindern könnte, wie fie z. B. durch Gefrieren von eingedrungenem Waffer oft verurfacht wird. Ebenfo verwendet man zur Verbindung der Stofsfugen von Deckplatten mitunter Steindübel (Fig. 267), um feitliche Verfchiebungen zu verhindern. Eine befondere Fugengeftaltung für diefen Zweck (Fig. 220, S. 81) ift allerdings koftfpieliger, aber auch ficherer, da die Dübel bei ftärkeren Steinen nicht in der ganzen Höhe der Stofsflächen ausgeführt werden.

Fig. 266.

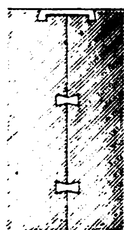
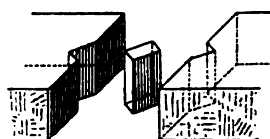


Fig. 267.



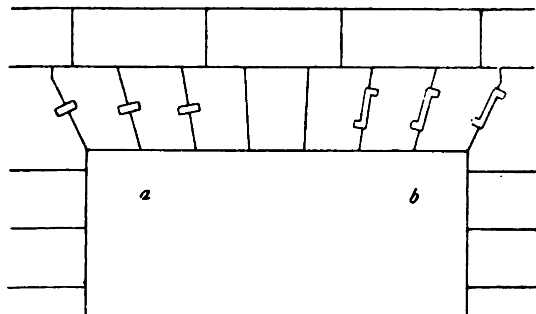
Zur Verbindung der Wölbfteine in den Lagerfugen bedient man fich mitunter auch der Dübel, ausnahmsweife der Klammern. Die Dübel werden auch zu diefem Zwecke aus Stein, Holz oder Metall angefertigt. 107. Verbindung der Wölbfteine.

Beim Bau der Blackfriars-Brücke in London hat man fich beifpielsweife würfelförmiger Steindübel bedient.

Die mittelalterlichen Bogen im Hofe des alten Poftgebäudes zu Bafel waren in fämtlichen Steinen durch eiferne, in Blei vergoffene Dübel von ca. 9 cm Länge und 9 qcm Querfchnitt verbunden, fo dafs deren Abbruch, der wegen des Wiederaufbaues derfelben forgfältig gefchehen mufste, die gröfsten Schwierigkeiten verurfachte [67]).

Die Gewölberippen der *Marien*-Kirche in Stuttgart wurden durch Bleidübel verbunden. Es wurde hier Blei gewählt, um bei der allmählich fortfchreitenden Belaftung während des Baues die Rippen etwas biegfam zu haben. Aus demfelben Grunde wurden auch die Rippenfugen mit Bleigufs ausgefüllt [68]).

Fig. 268.



Die Dübel müffen fenkrecht zu den Lagerfugen geftellt werden (Fig. 268 *a*). Bei fcheitrechten Bogen kommen auch **Z**-förmige Klammern zur Verwendung (Fig. 268 *b*).

Die Verankerungen von Gewölben zur Verminderung oder Aufhebung des Schubes derfelben werden im nächften Bande, Heft 3 diefes »Handbuches« (bei den Gewölben) zur Befprechung gelangen.

Zur Verhinderung der Verfchiebung von Steinen fowohl neben-, als übereinander werden die befprochenen Hilfsftücke in den Lager- und Stofsfugen gleichzeitig zur Anwendung gebracht. 108. Verbindung in den Stofs- und Lagerfugen.

Sehr ausgiebigen Gebrauch in diefer Beziehung haben u. a. die Griechen bei der Herftellung ihrer Tempel gemacht, dabei aber von der Verwendung eines Mörtels abgefehen.

---

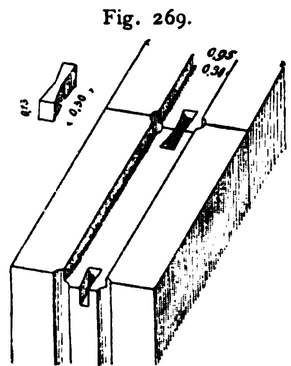
[67]) Siehe: Deutfches Baugwksbl. 1882, S. 115.

[68]) Siehe: Deutfche Bauz. 1880, S. 554.

Ebenfo kommen die Verbindungen durch befondere Formung der Fugenflächen und durch Hilfsftücke vereinigt, in äufserft ausgedehntem Mafse beim Bau der Leuchttürme zur Anwendung [69]).

Daly [70]) macht von ägyptifchen Mauern Mitteilung, die er in Denderah, am fog. Hypaithraltempel von Philä und a. a. O. gefunden hat und welche in fehr bemerkenswerter Weife die vereinigte Verwendung von Mörtelkanälen und Schwalbenfchwänzen (wahrfcheinlich wie fonft aus Sykomorenholz) zur Herftellung einer allfeitigen Unverfchieblichkeit der auf das genauefte, mit ganz fcharfen Fugen bearbeiteten Quader zeigen. Fig. 269 ftellt einen Teil einer folchen Konftruktion dar. Die Quader haben in den oberen und unteren Lagerflächen, ebenfo in den Stofsflächen, Kanäle, die mit ausgezeichnetem Mörtel ausgefüllt waren. Aufserdem griffen über die Stofsfugen die fchon erwähnten Schwalbenfchwänze.

Fig. 269.



109. Befeftigung der Hilfsftücke.

Die für die Hilfsftücke in die Fugenflächen einzuarbeitenden Löcher können nicht derartig hergeftellt werden, dafs fie ganz dicht an erftere anfchliefsen. Ein Herausziehen derfelben bleibt alfo möglich. Man macht deshalb die Löcher von vornherein etwas gröfser und fo grofs, dafs man fie nach dem Einbringen der Hilfsftücke bequem und ficher mit einem zweckentfprechenden Material ausfüllen kann. Man verwendet dazu, wie fchon erwähnt, bei fteinernen Hilfsftücken Zementmörtel; bei folchen von Holz in trockener Lage Sand und dort, wo fich Zutritt von Feuchtigkeit erwarten läfst, Harzkitt; bei Hilfsftücken von Metall Blei, Kitt, Zement, Schwefel, Gips, Afphalt. Eifenklammern kann man aufserdem noch dadurch zum feften Anfchlufs an die Steine bringen, dafs man fie vor dem Einfetzen erhitzt; beim Erkalten ziehen fie fich zufammen und preffen hierdurch die zu verbindenden Stücke aneinander.

Das Blei ift zwar teuer, aber zu dem angegebenen Zweck vorzüglich geeignet. Es wird gefchmolzen und in das vorher forgfältigft zu trocknende Loch um das Metallftück gegoffen. Beim Erkalten zieht es fich zufammen, legt fich infolgedeffen feft an die Klammerfüfse oder Dübel an, löft fich aber gleichzeitig vom Steine los. Damit die fo entftehenden Hohlräume nicht verbleiben, mufs das Blei mittels eines Stemmeifens nachgekeilt werden. Diefe letztere nicht zu verfäumende Arbeit läfst das Blei nur da anwendbar erfcheinen, wo man diefelbe auch ausführen kann, alfo nur bei Klammern und an einem der Dübelenden. Sie müfste alfo beim zweiten Dübelende unterlaffen werden, weil diefes nur durch einen Gufskanal nach dem Verfetzen des zweiten Steines umfüllt werden kann. Die vorgefchlagene Füllung der fich bildenden Höhlungen mit Zement ift nicht zu empfehlen, weil nach neueren Erfahrungen Zement und Kalk bei Zutritt von Feuchtigkeit und Luft rafch zerfetzend auf das Blei einwirken follen.

Von den Kitten kommen zur Anwendung Roftkitte (Gemenge von Kalk, Zement oder Gips mit Eifenfeilfpänen), Harzkitte (hergeftellt aus Pech, Schwefel und feinem Quarzfand oder Ziegelmehl) und Oelkitte (z. B. bereitet aus Bleiglätte, Kalkhydrat und Leinölfirnis). Die Kitte find zum Teile recht gut, oft auch teuer und können meift, wie das Blei, nur da angewendet werden, wo man fie feft in die Löcher eindrücken kann.

Sehr gut bewährt hat fich der Portlandzement, namentlich für die Befeftigung von Eifen in Stein. Unter der Umhüllung von dichtem Zementmörtel roftet das

69) Ein lehrreiches Beifpiel hierfür bietet: *The Chickens rock lighthoufe. Engineer*, Bd. 47, S. 356.

70) In: *Revue gén. de l'arch.* 1882, S. 51.

Eifen anfänglich nur fehr wenig, wird aber durch diefelbe vor dem weiteren Roften gefchützt. Um gute Erfolge zu erzielen, mufs man dem Zement die nötige Zeit und Ruhe zur völligen Erhärtung laffen; man darf ihn aber auch nicht ohne Sandzufatz verwenden, da fonft erhebliche Gefahren für die Konftruktionen entftehen können [71]).

Den Schwefel, der fich fehr bequem an allen Stellen anwenden läfst, fehr rafch feft wird und aufserordentlich wetterbeftändig ift, betrachtet man trotzdem für die Befeftigung von Eifen mit einem gewiffen Mifstrauen, weil fich unter Einwirkung der Luft Schwefeleifen bilden, infolge der dabei eintretenden Volumvermehrung die Steine auseinander treiben und aufserdem diefelben auch braunrot färben foll. Es wird zur Verhütung diefer Uebelftände empfohlen, bei der Anwendung von Schwefel denfelben weit über den Schmelzpunkt zu erhitzen, bis er eine tiefbraune Farbe annimmt. Zweckmäfsig ift es, Stein und Eifen vor dem Vergiefsen etwas zu erwärmen. Zur Befeftigung von Eifen in Stein hat fich auch das Verfahren bewährt, ein Gemenge von Schwefel und Eifenfeilfpänen mit Effig zu übergiefsen, wodurch fich eine fich felbft erhitzende Maffe ergibt, welche fich zum Vergiefsen eignet und nach dem Erkalten hart wird.

Der Gips ift ebenfalls fehr bequem zu verwenden und wird auch fehr rafch feft, ift aber nicht wetter- und wafferbeftändig und daher nur im Trockenen brauchbar. Aber auch da befördert er beim Eifen die Roftbildung, fo dafs er jedenfalls nur dann benutzt werden follte, wenn auf grofse Dauerhaftigkeit der Verbindung kein befonderer Wert gelegt wird.

Afphalt fchützt zwar das Eifen vortrefflich, bekommt aber zu wenig eigene Feftigkeit, um Bewegungen der Verbindungsftücke zu verhindern. Er ift deswegen auch nur dort anzuwenden, wo die Einwirkung von Kräften und, da er leicht fchmelzbar ift, auch die von Hitze ausgefchloffen ift.

Die leichte Vergänglichkeit von Holz und Eifen, ebenfo die Gefahr, welche durch die Volumvergröfserung diefer Materialien beim Quellen, bezw. Roften herbeigeführt wird, machen befondere Vorfichtsmafsregeln bei Verwendung derfelben notwendig. Es erftrecken fich diefe auf den Ort der Verwendung und auf die Behandlung der Oberflächen der Verbindungsftücke. 110. Vorfichtsmafsregeln.

Holz fowohl, als Eifen follten nur an folchen Stellen zur Anwendung gelangen, wo fie den Einwirkungen der Luft und der Feuchtigkeit entzogen find, alfo an vorausfichtlich trocken bleibenden Orten und möglichft tief in den Mauern. Aber auch da find die betreffenden Konftruktionsteile den Einwirkungen der Mörtelfeuchtigkeit ausgefetzt, bis diefelbe, was oft recht lange dauert, verdunftet ift. (Der trocken gewordene Mörtel wird weiterhin dann fchützend wirken.) Es ift demnach in allen Fällen angezeigt, die Oberfläche der Holz- und Eifenftücke weniger empfindlich zu machen.

Bei Holz, welches vor der Verwendung fchon ganz trocken fein follte, ift tüchtiges Auskochen zu empfehlen, desgleichen Tränken mit heifsem Leinölfirnis.

Für den Schutz des Eifens kommen mannigfaltige Mittel in Anwendung. Solche Schutzmittel find: Eintauchen der noch heifsen Eifenftücke in Schmiedepech oder Oelfirnis; beffer Ueberzug mit heifsem Afphalt; Anftrich mit Afphaltlack; ver-

---

[71]) Ueber die durch Zementmörtel am *Stefans*-Dom in Wien verurfachten Zerftörungen vergl.: Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 16. — Wochfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1889, S. 126. — Baugwksztg. 1889, S. 22, 90, 221, 543. — Thonind.-Zeitg. 1890, S. 486.

ſchiedene Metallüberzüge. Die letzteren ſind im allgemeinen das empfehlenswerteſte Schutzmittel. Unter ihnen iſt am beſten, allerdings auch am teuerſten, das Verkupfern oder Verbleien. Häufiger wird das Verzinnen oder Verzinken angewendet, und zwar iſt das letztere dem erſteren entſchieden vorzuziehen, weil die geringſte Verletzung oder Unvollſtändigkeit des Zinnüberzuges das Roſten geradezu befördert.

Litteratur.

Bücher über »Konſtruktionselemente in Stein« und »Mauerwerkskunde«, ſowie über »Steinhauerarbeit« und »Steinſchnitt«.

BOSSE, A. Kunſtrichtig und probmäſsige Zeichnung zum Steinhauen in der Baukunſt. Aus dem Franz. von DES ARGUES. Nürnberg 1699.

DE LA RUE, J. B. *Traité de la coupe des pierres.* Paris 1728. — 3. Aufl. 1858.

FREZIER. *La théorie et la pratique de la coupe des pierres etc.* Straſsburg 1737—39.

LUCOTTE. *L'art de maçonnerie.* Paris 1783.

MATTHAEY, C. Handbuch für Maurer etc. Ilmenau 1824. — 5. Aufl.: Die praktiſchen Arbeiten und Baukonſtruktionen des Maurers und Steinhauers etc. Weimar 1879.

DOULIOT, J. C. *Traité ſpécial de la coupe des pierres.* Paris 1825. — 2. Aufl. 1862. — Deutſch von C. F. DEYHLE. Stuttgart 1826.

HÖRNIG, G. S. Theoretiſch-praktiſches Handbuch der verſchiedenen Maurerarbeiten etc. Leipzig 1836.

ROMBERG, J. A. Die Steinmetz-Kunſt in allen ihren Theilen. Magdeburg 1837.

ADHÉMAR, A. J. *Traité de la coupe des pierres.* Paris 1837. — Deutſch von O. MÖLLINGER. Solothurn 1842.

ROMBERG, J. A. Die Mauerwerks-Kunſt in allen ihren Theilen. Wien 1838.

RINGLEB, A. Lehrbuch des Steinſchnittes der Mauern, Bogen, Gewölbe und Treppen. Berlin 1844.

TOUSSAINT DE SENS. *Manuel de la coupe des pierres.* Paris 1844.

LEROY, CH. F. A. *Traité de ſtéréotomie etc.* Paris 1844. — Deutſch von E. F. KAUFFMANN. Stuttgart 1847.

MENZEL, C. A. Der praktiſche Maurer etc. Halle 1846. — 9. Aufl.: Der Steinbau. Von F. HEINZERLING. Fulda 1893.

Grundlage der praktiſchen Baukunſt. I. Teil. Maurerkunſt etc. 4. Aufl. Berlin 1850.

CLAUDEL, J. & L. LAROQUE. *Pratique de l'art de conſtruire. Maçonnerie etc.* Paris 1850. — 4. Aufl. 1870. — Deutſch von W. HERTEL. Weimar 1860.

WEDEKE, J. C. & J. A. ROMBERG. Die Mauerwerksarbeiten. Leipzig 1853.

HARRES, B. Die Schule des Maurers etc. Leipzig 1856. — 5. Aufl. von E. HARRES. 1881.

HARRES, B. Die Schule des Steinmetzen etc. Leipzig 1857. — 2. Aufl. 1866.

FLEISCHINGER & BECKER. Syſtematiſche Darſtellung der Bauconſtructionen. — Die Mauerwerks- oder Steinconſtructionen. Berlin 1862—64.

BRAND, C. v. Praktiſche Darſtellung des Ziegelverbandes nach einfachen, allgemeinen, bisher unbekannten Geſetzen. Berlin 1864.

DEMANET, A. *Guide pratique du conſtructeur; maçonnerie.* Paris 1864.

MENZEL, C. A. Das Mauerwerk und der Mauerverband etc. Herausg. u. verm. von C. SCHWATLO. Halle 1866.

LAVIT, PÈRE ET FILS. *Traité de la coupe des pierres.* Marſeille 1866.

MÖLLINGER, C. Elemente des Steinbaues etc. Heft 1: Konſtruktionen des Bruchſtein- und Quaderbaues. Halle 1869.

MÖLLINGER, C. Bauconſtructions-Vorlagen der Baugewerksſchule zu Höxter. — Heft 1 u. 2: Mauerconſtructionen. Höxter 1880. — Heft 3: Conſtructionen des Bruchſtein- und Quaderbaues. Halle 1870.

WEHRLE, J. Projective Abhandlung über Steinſchnitt etc. Zürich 1871—74.

MÜLLER, H. Die Maurerkunſt. Leipzig 1875.

HOFFMANN, E. H. Die Bauten von Stein. Leipzig 1875. — 3. Aufl. Deutſche bautechniſche Taſchenbibliothek, Heft 7. 1884.

HAMMOND, A. *Rudiments of practical bricklaying etc.* London 1875.

SCOTT BURN. *Building conſtruction, ſhowing the employment of brickwork and maſonry in the conſtruction of buildings.* Glasgow 1876.

BEHSE, W. Die praktiſchen Arbeiten und Baukonſtruktionen des Maurers und Steinhauers. Weimar 1869. — 6. Aufl. 1893.

DIESENER, H. Praktiſche Unterrichtsbücher für Bautechniker. Bd. 4: Die Baukonſtruktionen des Maurers etc. Leipzig 1887. — 2. Aufl. 1892.

WARREN, S. E. *Stereotomy: problems in ſtone cutting etc.* New-York 1876.

Vorlegeblätter der Baugewerkſchule zu Holzminden. Mauer-Conſtructionen. Leipzig 1879.

HERDEGEN, F. & A. RANCHNER. Vorlagen für den bautechniſchen Unterricht an der Kgl. Induſtrieſchule etc. zu München. A. Bauconſtructionslehre. Lief. 1 u. 2. München 1880.

MONDUIT, L. *Étude pratique de la ſtéréotomie ou coupe des pierres.* Paris 1880.

SCHMIDT, O. Neuere Bauformen des Ziegel-, Quader- und Holzbaues. 1. Lief.: Der Verband der Mauerſteine. Berlin 1881.

SCHAUPENSTEINER. Die Lehre vom Bauverband etc. Leipzig 1882.

Praktiſche Unterrichtsbücher für Bautechniker. IV: Die Bauconſtructionen des Maurers etc. Von H. DIESENER. Halle a. S. 1887.

SCHMIDT, O. Praktiſche Baukonſtruktionslehre. Bd. II: Die Arbeiten des Maurers. Jena 1887.

BAKER, J. O. *A treatiſe on maſonry conſtruction.* New-York 1890.

III. Teil, 1. Abteilung:

KONSTRUKTIONSELEMENTE.

---

2. Abfchnitt.

Konftruktionselemente in Holz.

Von Dr. F. HEINZERLING.

1. Kapitel.

Holzverbände.

111. Zweck. Der Holzverband bezweckt diejenige Verbindung von Balken, Bohlen und Brettern, welche die Herftellung der verfchiedenen Holzkonftruktionen eines Bauwerkes aus dem Gebiete des Hochbaues erfordert. Das von Nadelhölzern oder Laubhölzern gewonnene Bauholz wird im Hochbau als Rundholz, Kantholz und Schnittholz verarbeitet. Das ftärkfte Rundholz hat 35 bis 45 cm Zopfftärke bei 10 bis 16 m Länge. Das meift durch Zerfägen, felten durch Befchlagen gewonnene Kantholz kommt, je nachdem der Stamm nur ein Kantholz liefert oder in 2, 4 oder 6 Kanthölzer zerlegt wird, als Ganzholz, Halbholz, Kreuzholz und Sechftelholz vor und erhält Querfchnittsabmeffungen von 10 bis höchftens 40 cm und Längen von 10 bis höchftens 15 m. Das Schnittholz kommt teils als Bohlen in Stärken von 5 bis 10 cm, mit Breiten von 25 bis 40 cm und mit Längen von 3,00 bis 5,00, höchftens 7,50 m, teils als Bretter in Stärken von 1,5 bis 4,5 cm, mit Breiten von 15 bis 25 cm und mit Längen von 3,00 bis 4,50, höchftens 6,00 m, teils als Schrothölzer und als Latten zur Anwendung.

Wo diefe Abmeffungen zu Hochbaukonftruktionen von gröfserer Ausdehnung nicht ausreichen, bezweckt der Holzverband zur Herftellung der erforderlichen Längen-, Breiten- und Stärkenmafse zunächft:

a) die Verlängerung der Verbandftücke in wagrechter, lotrechter oder geneigter Richtung,

b) die Verbreiterung der Verbandftücke nach einer diefer Richtungen, oder

c) die Verftärkung der Verbandftücke durch Verbindung derfelben in der Richtung ihrer Dicke.

Wo ferner die Hochbaukonftruktionen das Zufammenfetzen von Verbandftücken unter rechtem, fpitzem oder ftumpfem Winkel, alfo eine Winkelverbindung erfordern, bezweckt der Holzverband entweder:

d) den Winkelverband in einer Ebene, oder

e) den Winkelverband in zwei oder in mehreren parallelen Ebenen.

Nach jedem vorliegenden befonderen Bedürfniffe bezweckt der Holzverband eine Verbindung nach einer Richtung, nach zwei oder nach drei zu einander

fenkrechten Richtungen, wovon jede der erften beiden Verbindungen eine verhältnismäfsig fefte und nur die letztere eine vollkommen fefte Verbindung ift.

Jede Vereinigung zweier hölzerner Verbandftücke wird durch die dem jeweiligen Zwecke entfprechende Form ihrer Berührungsflächen oder Fugen, und zwar — je nachdem nur eine Verbindung oder eine Befeftigung derfelben nötig ift — ohne oder mit Anwendung befonderer hölzerner oder eiferner Befeftigungsmittel bewirkt. Sowohl die Form der Fuge, als auch die Form und Lage des Befeftigungsmittels hängen von der Feftigkeit und der eigentümlichen Faferftruktur des Holzes ab. Während Zug- und Druckfeftigkeit des Holzes nicht wefentlich verfchieden find, da letztere zwifchen etwa $^3/_4$ bis $^7/_8$ der erfteren fchwankt, fo ift die Schubfeftigkeit desfelben fehr verfchieden, je nachdem die Schubkraft parallel oder fenkrecht zur Richtung der Fafern wirkt, da die erftere nur zu etwa $^2/_7$ der letzteren angenommen werden kann. Alle Holzverbände find daher fo anzuordnen, dafs, wo möglich, nur die Druck- oder Zugfeftigkeit des Holzes und feine Schubfeftigkeit fenkrecht zu feiner Faferrichtung zur Wirkung kommen und dafs, wo feine Schubfeftigkeit parallel zu feiner Faferrichtung in Anfpruch genommen werden mufs, Form und Mafs der Fuge der verhältnismäfsig geringeren Leiftungsfähigkeit des Holzes vollkommen entfprechen. 112. Verbindungsweife.

Zur Erhöhung ihrer Dauer find die Holzverbände möglichft fo anzuordnen, dafs das Eindringen von Feuchtigkeit in die Fuge, alfo das Entftehen von Fäulnis in derfelben, thunlichft verhütet wird, oder man hat, wo das Eindringen von Näffe nicht zu verhindern ift, diefelben wenigftens fo anzuordnen, dafs die Näffe leicht abziehen kann und die Luft Zutritt hat, um das Austrocknen zu befördern.

Die Form der Fuge mufs ftets das An- oder Ineinanderfügen der Verbandftücke geftatten; fie ftellt alfo, da die letzteren auf dem umgekehrten Wege auseinander genommen werden können, an und für fich eine *Verbindung*, nicht aber eine *Befeftigung* her. Sie reicht für fich nur in den Fällen aus, wo das Verfchieben nach einer oder nach zwei zu einander fenkrechten Richtungen zu vermeiden ift, und geftattet in diefen Fällen, eine Verbindung herzuftellen, welche die Befeftigung der Verbandftücke erfetzt. Zur Verbindung von Balken und Pfählen, als Verbandftücken *mit kurzen Fugen*, dienen: der *Stofs*, das *Blatt*, die *Verfatzung*, der *Zapfen*, die *Klaue* und der *Kamm*; zur Verbindung von Balken, Pfählen, Bohlen und Brettern, als Verbandftücken *mit langen Fugen*, dienen: das *Säumen der Fugen*, der *Falz*, die *Verfchränkung*, die *Verzahnung*, die *Spundung*, die *Verzapfung*, die *Verzinkung*, *Nut* und *Feder* und das *Anfchäften*, welche mit den erftgenannten Verbindungen verwandt, und zwar teils Verlängerungen, teils Wiederholungen derfelben find. Eine Ueberficht über diefe Grundformen der Fuge, worin die verwandten Formen gegenüber geftellt find, gibt die umftehende Tafel. 113. Grundformen der Fuge.

a) Befeftigungsmittel.

Da die Form der Fuge für fich allein nicht ausreicht, um eine Befeftigung der Verbandftücke herzuftellen, fo wendet man hierzu befondere Verbandftücke an, welche nach Mafsgabe der an fie geftellten Anforderungen entweder aus hartem Holz oder aus Eifen, und zwar, je nach der Art ihrer Beanfpruchung, aus Schmiedeeifen, aus Gufseifen oder aus beiden zugleich beftehen.

Grundformen der Fuge.

	Kurze Fugen (Balken).		Lange Fugen (Bretter und Bohlen).	
Stofs (Stofsen).	Gerader Stofs	I	Stumpfe Fuge (Säumen)	Ia
	Schräger Stofs	II	Schräge Fuge (Meffern)	IIa
	Stofs auf Gehrung	III	Fuge auf Gehrung	IIIa
Blatt (Verblatten).	Gerades Blatt	IV	Falz (Verfalzung)	IVa
	Schräges Blatt	V		
	Gerades Hakenblatt	VI	Verfchränkung	VIa
	Schräges Hakenblatt	VII		
Verfatzung (Verfatzen).	Gerade Verfatzung	VIII		
	Schräge Verfatzung	IX	Verzahnung	IXa
	Gebrochene Verfatzung	X	Keilfpundung	Xa
	Einfache Verfatzung	XI		
	Doppelte Verfatzung	XII		
Klaue (Aufklauen).	Einfache Klaue	XIII		
	Klaue mit Zapfen im Neft	XIV		

Zapfen (Verzapfen).	Blattzapfen	XV		Verzapfung	XV a	
	Schlitz- oder Scherzapfen	XVI		Nut und Feder	XV b	
	Nutzapfen	XVII		Quadratſpundung	XVII a	
	Keilzapfen	XVIII		Nuten auf den Grat	XVIII a	
	Bruſtzapfen	XIX				
	Weiſsſchwanzzapfen (mit Keil)	XX				
	Kreuzzapfen	XXI		Anſchäften	XXI a	
Kamm (Verkämmen).	Einfacher Kamm	XXII		Nut und Feder	XXII a	
	Doppelter Kamm	XXIII		Desgl.	XXIII a	
	Schwalbenſchwanzkamm	XXIV		Verzinkung	XXIV a	
	Weiſsſchwanzkamm	XXV				
	Kreuzkamm	XXVI		Verdeckte Verzinkung	XXIV b	

1) Befeſtigungsmittel aus Holz.

114. Dollen. Die wichtigſten hölzernen Befeſtigungsmittel ſind Dollen, Dübel und Federn, Nägel, Keile, Klammern und Laſchen.

α) Die Dollen (ſiehe Fig. 274 u. 304) dienen zum Befeſtigen von Balken bei ihrer Verlängerung oder Winkelverbindung und beſtehen in cylindriſchen oder vier- und mehrſeitig prismatiſchen Holzſtückchen, welche bezw. die ganze bis halbe und die halbe Dicke der Verbandſtücke zur Länge und $^1/_{10}$ bis $^1/_5$ derſelben zur Stärke erhalten. Die Dollen, welche erſt unten, dann oben mit Anwendung von heiſsem Teer oder Leim in ihre Sitze feſt eingetrieben werden, ſind auſsen nicht ſichtbar.

115. Dübel. β) Die Dübel (ſiehe Fig. 322 bis 324[72]) ſollen das Verſchieben aufeinander gelegter Verbandſtücke nach einer Richtung verhindern und beſtehen in prismatiſchen Holzſtücken mit meiſt quadratiſchem oder rechteckigem, bisweilen doppelt ſchwalbenſchwanzförmigem Querſchnitt. Sie erhalten die halbe bis ganze Breite ihrer Verbandſtücke zur Länge, je nachdem ſie verdeckt oder äuſserlich ſichtbar ſein ſollen, ihre halbe bis viertel Höhe zur Breite und $^1/_{10}$ bis $^1/_8$ dieſer Höhe zur Dicke. Um die äuſserlich ſichtbaren Dübel beim Schwinden der Verbandſtücke nachtreiben zu können, erhalten ſie vorteilhaft die Form ſchlanker Keile.

116. Nägel. γ) Die Nägel (ſiehe Fig. 278, 289, 291, 297, 299 u. 300) dienen zum Befeſtigen von übereinander verlegten Verbandſtücken und beſtehen in vier- bis achtſeitigen prismatiſchen Holzſtückchen, welche bei einer Stärke von 1 bis 3 cm die Höhe beider Verbandſtücke zur Länge erhalten und in vorher gebohrte Nagellöcher eingetrieben werden. Durch koniſche Erweiterung der Nagellöcher nach auſsen und durch Eintreiben kleiner Keile in die Hirnenden der Nägel laſſen ſich ihre Enden nach Art verſenkter Nietköpfe verdicken, wodurch die Befeſtigung der Verbandſtücke nach der Längsachſe der Nägel weſentlich erhöht wird.

117. Keile. δ) Die Keile (ſiehe Fig. 279, 280 u. 296) kommen als einfache und als doppelte zur Verwendung. Die erſteren dienen teils zum Aneinanderpreſſen von Verbandſtücken, teils zum Auseinandertreiben von Zapfen und Nägeln innerhalb ihrer Sitze, die letzteren zum Auseinanderpreſſen paralleler Fugen behufs dichteren Anſchluſſes der Verbandſtücke, wie z. B. bei der Verdübelung von Balken (ſiehe Fig. 324).

118. Klammern. ε) Die Klammern dienen zum Befeſtigen nebeneinander befindlicher Verbandſtücke und beſitzen die Form eines doppelten Schwalbenſchwanzes, welcher verdeckt oder äuſserlich ſichtbar eingelegt wird, die Hälfte ſeiner Länge zur Breite und $^1/_4$ bis $^1/_3$ ſeiner Breite zur Dicke erhält.

2) Befeſtigungsmittel aus Eiſen.

Die wichtigſten eiſernen Befeſtigungsmittel ſind Schrauben, Nägel, Klammern, Schienen, Ringe, Anker und Hängeeiſen.

119. Schrauben. ζ) Die Schrauben dienen zum dichten Aneinanderpreſſen der Verbandſtücke. Bei Balken und ſtarken Bohlen wendet man Kopfſchrauben (Schraubenbolzen), bei ſchwachen Bohlen und Brettern ſog. Holzſchrauben an.

a) Die Schraubenbolzen (ſiehe Fig. 285, 287 u. 320 bis 330) erhalten Längen und Dicken, welche bezw. der Stärke der Verbandſtücke und dem erforderlichen Grade der Zuſammenpreſſung entſprechen müſſen und in den einzelnen Fällen verſchieden ſind. Ueber die zu wählenden Abmeſſungen der Bolzen, Köpfe, Muttern

72) Siehe die Fuſsnote 66 auf Seite 88.

und Unterlagsplättchen iſt im folgenden Abſchnitt (Kap. 1, unter b) das Erforderliche zu finden.

ḃ) Die Holzſchrauben erhalten, je nachdem ſie verſenkt werden ſollen oder nicht, bezw. einen umgekehrt koniſchen oder faſt halbkugelförmigen Kopf, welcher jederzeit mit einem Einſchnitte zum Einſetzen des Schraubenziehers verſehen iſt, und eine ſchlank koniſche Spindel mit Schraubengängen, welche im Querſchnitt ein rechtwinkeliges, meiſt gleichſchenkeliges Dreieck zeigen.

η) Die Nägel (ſiehe Fig. 271, 277, 310 u. 317) dienen ebenfalls zum Anein- 120. Nägel.
anderpreſſen der Verbandſtücke, erhalten je nach ihrem beſonderen Zwecke ſchlanke, keilförmig zulaufende Schäfte mit dreieckigem, rechteckigem oder quadratiſchem Querſchnitt oder cylindriſche Schäfte und höhere pyramidenförmige, halbkugelförmige, flache oder koniſche Köpfe von quadratiſcher, ovaler oder runder Grundform. Hiernach unterſcheidet man die Nägel im engeren Sinne, die Spieker, die Querköpfe, und die gewöhnlich aus ungeglühtem Eiſendraht maſchinell hergeſtellten Drahtſtifte. Die gröſseren Nägel (Leiſtnägel), welche zur Befeſtigung der gröſseren Verbandſtücke dienen und auf beſondere Beſtellung bis zu 50 cm Länge und darüber geſchmiedet werden, ſind in Längen von 15 bis 30 cm im Handel, während die kleineren Nägel, Spieker und Querköpfe, je nachdem ſie zum Befeſtigen von Bohlen oder Brettern dienen, Längen von 5 bis 15 cm und die Drahtſtifte Längen von 1 bis 20 cm bei 0,25 bis 6,00 mm Schaftdurchmeſſer erhalten.

ϑ) Die Klammern (ſiehe Fig. 270 u. 276) dienen teils zum Zuſammenhalten 121. Klammern.
zweier geſtoſsener Balkenſtücke und bilden dann ⊓-förmig gebogene, ſog. Hakenklammern mit 20 bis 40 cm langem Zwiſchenſtück und kürzeren, entweder ſpitzen Enden (Fig. 270), welche mit dem Hammer eingetrieben, oder ſtumpfen Enden, welche paarweiſe ſich gegenüber eingelaſſen und durch Schrauben angezogen werden, teils zum Feſthalten anderer Befeſtigungsſtücke mit 5 bis 10 cm langem Zwiſchenſtück und mindeſtens ebenſo langen ſpitzen Enden (Fig. 276).

ι) Die Schienen (ſiehe Fig. 272, 277 u. 281) dienen ebenfalls zum Zuſammen- 122. Schienen.
halten geſtoſsener Balken und beſtehen aus Flacheiſen, welche paarweiſe einander gegenüber auf die Balken gelegt oder in dieſelben eingelaſſen und entweder feſtgenagelt oder durch Schraubenbolzen angezogen werden.

Die Stärke jener Hakenklammern und dieſer Schienen, ſowie die erforderliche Zahl und Stärke der Schraubenbolzen und Nägel hängen von dem Zuge ab, welchen ein Balken auf den anderen übertragen ſoll und welchem die erſteren mit ihrer Zugfeſtigkeit, die letzteren mit ihrer Schubfeſtigkeit zu widerſtehen haben.

$\varkappa$) Die Ringe (ſiehe Fig. 274 u. 282) ſind kreisförmig gebogene Flacheiſen, 123. Ringe.
welche entweder die Verſchiebung geſtoſsener, lotrechter Pfähle verhindern ſollen und dann in dieſelben eingelaſſen werden und aus einem Stück beſtehen, oder die durch Ueberblattung oder Verzapfung verbundenen Pfähle zuſammenhalten ſollen und dann aus je zwei durch ein Gelenk verbundenen Hälften beſtehen, welche in die Stämme eingelaſſen und durch ineinander greifende Oeſen und Stifte zuſammengehalten werden.

λ) Die Anker, welche zur Verbindung der Balken mit dem Mauerwerk dienen, 124. Anker.
die ſog. Gebälk- oder Balkenanker, beſtehen aus Flacheiſen, welche an dem im Mauerwerk ſteckenden oder auſserhalb der Mauer befindlichen Ende mit der zur Aufnahme eines eiſernen Splintes erforderlichen Oeſe verſehen, am anderen, dem Balken anliegenden Ende etwas übergebogen und durch Nägel nebſt Klammer mit

dem Balken feſt verbunden ſind. (Ueber Einzelheiten in der Geſtaltung ſolcher Anker ſiehe den nächſten Abſchnitt, Kap. 5.)

125. Hängeeiſen. μ) Die Hängeeiſen (ſiehe Fig. 360, 367, 369 u. 372), welche zur Verbindung lotrechter und wagrechter Balken dienen, werden an die erſteren (Hängeſäulen) ebenſo wie die Schienen, und zwar mittels der erforderlichen Zahl von Schraubenbolzen, angeſchloſſen, während ſie unten entweder unmittelbar verbunden ſind, alſo aus einem Stücke beſtehen, oder in Schraubenſpindeln endigen, durch welche je ein die wagrechten Balken unterſtützendes eiſernes Querplättchen geſteckt und mittels je zweier ſtarker Muttern angezogen wird. Nur wenn die Hängeſäulen durch eine meiſt runde Hängeſtange (ſiehe Fig. 363) erſetzt werden, läſst man dieſelbe durch die Unterzüge reichen, verſieht ſie unten mit einer Spindel und unterſtützt die letzteren durch einen kurzen ſchmiedeeiſernen Sattel, welchen man mittels einer Mutter anzieht.

b) Holzverbände.

1) Verlängerung der Verbandſtücke (Balken).

126. Gerader und ſchräger Stoſs. α) Der gerade Stoſs (I[73]) dient zur wagrechten und lotrechten Verlängerung; er fordert im erſteren Falle eine Unterſtützung an der geſtoſsenen Stelle und widerſteht nur einem Druck nach der Längsachſe der geſtoſsenen Balken oder Pfähle. Das ſeitliche Verſchieben und das Auseinanderziehen derſelben werden durch Anwendung von eiſernen Klammern (Fig. 270), Schienen und von Platten mittels Schraubenbolzen (Fig. 272 u. 273) verhindert. Bei der lotrechten Verlängerung oder beim Aufpfropfen von Pfoſten und Pfählen wird der gerade Stoſs in Verbindung mit eingelaſſenem ſchmiedeeiſernem Ringe und hölzernen oder eiſernen Dollen (Fig. 274), mit guſseiſernem Zwiſchenſtück (Fig. 275), mit mehreren ſchmiedeeiſernen Klammern (Fig. 276) oder mit mehreren ſchmiedeeiſernen Schienen, welche über den Stoſs genagelt und, zur Vermeidung von Verbiegungen durch Druck und Stoſs, mit nach der Längsachſe ovalen Nagellöchern verſehen werden (Fig. 277), angewendet. Dieſe Verbindungen eignen ſich beſonders zum Aufpfropfen von Rammpfählen für Pfahlroſtgründungen, weil ſie die Pfähle beim Einrammen am meiſten gegen das Spalten oder Splittern ſchützen.

Fig. 270.



Fig. 271.



Fig. 272.

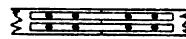


Fig. 273.

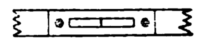


Fig. 274.

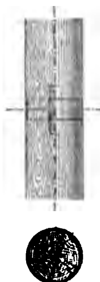


Fig. 275.

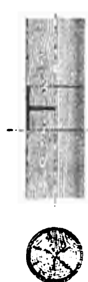


Fig. 276.

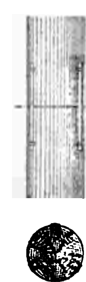
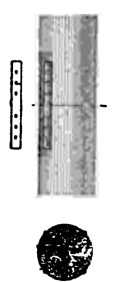


Fig. 277.

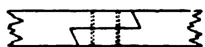


β) Der ſchräge Stoſs (II) dient zur wagrechten Verlängerung, erhält eine Neigung von 2 : 1, leiſtet übrigens nicht mehr, als der gerade Stoſs, und wird meiſt durch die bei dieſem angeführten eiſernen Befeſtigungsmittel gegen ſeitliches Verſchieben und Auseinanderziehen nach der Längsachſe der Balken geſichert (Fig. 271).

73) Die eingeklammerten römiſchen Zahlen verweiſen auf die ihnen entſprechenden Nummern der Tabelle »Grundformen der Fuge« auf S. 96 u. 97.

γ) Das gerade Blatt (IV) dient zur Verlängerung wagrechter Verbandſtücke, welche ſich bei einer Stärke von derſelben Balkenhöhe wechſelſeitig um das Doppelte der Balkenhöhe übergreifen und durch hölzerne, etwas verſetzte Nägel befeſtigt werden. Hierbei hebt ſich das gerade Blatt mit ſchrägen Hirnſchnitten (Fig. 278) weniger leicht aus, als dasjenige mit geraden Schnitten. Beide bedürfen einer Unterſtützung unter der Verbandſtelle und werden nur zur Verbindung höherer Balken verwendet. 127. Gerades und ſchräges Blatt.

Fig. 278.





δ) Das ſchräge Blatt (V) wird, wie das gerade, nur bei niedrigeren Balken angewendet, erhält jedoch das Dreifache der Balkenhöhe zum Uebergriff, während die lotrechten Einſchnitte nur $^1/_6$ derſelben betragen. Auch hier erfolgt eine Befeſtigung durch verſetzte Holznägel.

ε) Das gerade Hakenblatt (VI) mit geraden oder ſchrägen Hirnſchnitten bezweckt die Verlängerung wagrechter Verbandſtücke, welche zugleich dem Auseinanderziehen widerſtehen ſollen und, wenn noch das ſeitliche Verſchieben derſelben verhindert werden ſoll, durch hölzerne Nägel befeſtigt werden. Auch das gerade Hakenblatt mit ſchrägen Hirnſchnitten, welches ſtatt der Holznägel einen Doppelkeil (Fig. 279) erhält, verhindert gleichzeitig Aushebung und ſeitliche Verſchiebung. 128. Gerades und ſchräges Hakenblatt.

Fig. 279.





Fig. 280.





ζ) Das ſchräge Hakenblatt (VII) wird zu demſelben Zwecke, wie das gerade, und zwar ohne und mit Doppelkeil, angewendet. Beſonders im erſteren Falle befeſtigt man die Verbandſtücke mit je zwei Holznägeln oder beſſer mit je zwei Schraubenbolzen (Fig. 280).

Die beiden zuletzt genannten Verbindungen laſſen ſich vom Zimmermann leicht mittels Winkeleiſen, Säge und Beil herſtellen, während Längenverbindungen, wie das ſog. verdeckte Hakenblatt und der verborgene Hakenkamm mit ſchrägen Schnitten, die Anwendung des Stemmeiſens erfordern und gleichwohl nicht mehr oder nicht weniger als jene leiſten.

Fig. 281.

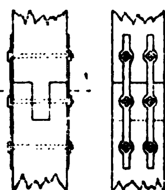




Fig. 282.





η) Der Nutzapfen (XVII) dient zur lotrechten, ſeltener zur wagrechten Verlängerung beſchlagener Pfoſten oder Balken, welche durch hölzerne Nägel, beſſer durch ſchmiedeeiſerne Schienen in Verbindung mit Schraubenbolzen aneinander befeſtigt werden (Fig. 281). 129. Nut- und Kreuzzapfen.

ϑ) Der Kreuzzapfen (XXI) wird ausſchlieſslich zur lotrechten Verlängerung von Pfählen, und zwar in Verbindung mit den unter den Befeſtigungsmitteln erwähnten zweiteiligen Ringen (Fig. 282) verwendet und eignet ſich beſſer zum Aufpfropfen von Pfählen mit ruhender Belaſtung, als von Rammpfählen, da er das Spalten und Splittern derſelben befördert.

2) Verbreiterung der Verbandſtücke (Bretter und Bohlen).

α) Die gerade oder ſtumpfe Fuge (Ia), die mit dem Handfughobel durch das »Fugen« oder »Säumen« hergeſtellt wird und dem geraden Stoſs entſpricht, geſtattet zwar das dichte Aneinanderlegen der Bohlen und Bretter auf geeigneter Unterlage, erfordert aber zu ihrer Befeſtigung innerhalb der Fuge, abgeſehen von der bei Brettern üblichen Verleimung oder ſchrägen Nagelung, die Anwendung hölzerner Dollen oder Dübel. 130. Gerade und ſchräge Fuge.

β) Die ſchräge oder ſpitze Fuge (IIa) entſpricht dem ſchrägen Stoſs, wird mittels des Hobels durch das »Meſſern« hergeſtellt, jedoch nicht ſpitzer als unter einem Winkel von 45 Grad, und geſtattet zwar eine lotrechte Nagelung, aber nicht die Verbindung mit Dollen oder Dübeln.

131. Falz. γ) Der Falz (IV a) entſpricht dem geraden Blatt, bildet alſo eine gebrochene Fuge, deren Breite und Tiefe gewöhnlich der halben Bohlenſtärke gleich kommen. Das Falzen (die Ueberfalzung, die halbe Spundung) bezweckt das Schlieſsen der Fuge durch Uebergreifen der Verbandſtücke und wird bei wagrechter und geneigter Lage, ſowie bei lotrechter Stellung von Brettern angewendet.

132. Spundung. δ) Die Spundung entſpricht der Verzapfung und bezweckt das Ineinandergreifen der Verbandſtücke mittels einer Vertiefung (Nut) und einer Erhöhung (Spund), welche genau ineinander greifen müſſen. Je nachdem dieſer Spund drei- oder rechteckig iſt, unterſcheidet man die Keilſpundung (Xa) und die Quadratſpundung (XVIIa), wovon die erſtere in verſchiedenen Formen vorkommt, die letztere zur Verbindung von Brettern und Bohlen (Spundwände) Anwendung findet (ſiehe Fig. 313 bis 316 u. Fig. 318).

133. Nut und Feder. ε) Nut und Feder (XVb) dienen zur Verbindung von Bohlen oder Brettern, welche an den Seiten ſämtlich durchgehende Nuten erhalten, in welche eine ebenfalls durchgehende, aus härterem Holze oder aus ſtarkem Zinkblech beſtehende Feder eingeſchaltet wird.

3) Verſtärkung der Verbandſtücke (Balken).

134. Verſchiedenheit. Die Verſtärkung von Balken geſtaltet ſich verſchieden, je nachdem ſie in wagrechter und geneigter Lage oder in lotrechter Stellung belaſtet werden ſollen.

Werden zwei Balken der Länge nach wagrecht übereinander gelegt und ſymmetriſch ſo belaſtet, daſs ſie ſich durchbiegen, ſo verſchieben ſich ihre Berührungsflächen in der Balkenmitte nicht und von da nach beiden Seiten um ſo mehr, je näher ſie den Balkenenden rücken, wo dieſe Verſchiebung ihr Höchſtmaſs erreicht. Werden nun jene Balken an ihren Berührungsflächen ſo verbunden, daſs eine ſolche Verſchiebung nicht eintreten kann, ſo wird zugleich ihre Durchbiegung erſchwert, alſo ihre Tragfähigkeit vermehrt. Dieſer Zweck wird teils durch die Form der Berührungsfläche (Verzahnung), teils durch Dübel erreicht, welche man zwiſchen die beiden Balken ſchiebt und in dieſelben etwas eingreifen läſst (Verdübelung). Um den dichten Anſchluſs der Balken aneinander zu bewirken, werden ſie in allen dieſen Fällen durch Schraubenbolzen gegeneinander gepreſst, welche zugleich ihrer Verſchiebung entgegenwirken, überhaupt die anfangs getrennten Balken ſo verbinden ſollen, daſs ſie als ein einziger Balken wirken.

135. Verzahnung. α) Die Verzahnung (IXa). Die Zähne erhalten eine Länge von 0,8 bis 1,0 und eine Höhe von 0,1 der ganzen Balkenſtärke (ſiehe Fig. 320 u. 321) und werden zum Zwecke des genauen Ineinandergreifens ſorgfältig abgehobelt. Wo infolge ungenauer Arbeit zwiſchen den einzelnen Zähnen Lücken bleiben, pflegt man dieſelben durch ſeitliches Eintreiben ſchlanker Keile von hartem Holze auszufüllen, ein Mittel, welches man gleichzeitig zu dem Zwecke anwendet, um das Ineinanderpreſſen der Zähne an ihren Hirnflächen zu verhindern. Da bei und nach dem Eintreiben der Keile Langholz auf Hirnholz drückt und die Keile ihrer Breite nach allmählich ſchwinden und dann wegen des Widerſtandes der Schraubenbolzen kaum mit dem gewünſchten Erfolge nachgetrieben werden können, ſo empfiehlt es ſich, ſtatt der hölzernen Keile

hinreichend breite Plättchen aus Zink-, Kupfer- oder Eifenblech zwifchen die Hirnholzflächen der Zähne zu legen, diefe letzteren aber mit möglichfter Genauigkeit zu bearbeiten. Da indes das allfeitige dichte Ineinandergreifen der Zähne fchwer zu erreichen ift und die Verzahnung überdies eine Schwächung der Balken um 0,2 ihres Gefamtquerfchnittes mit fich bringt, fo erfetzt man die Verzahnung häufig durch

β) die Verdübelung (fiehe Fig. 322 bis 324). Die Dübel, welche die Stelle der Zähne vertreten und famt ihren Sitzen fich leichter, wie die letzteren, genau bearbeiten laffen, find prismatifche, beffer fchwach keilförmige Stücke aus hartem Holze, welche man in das Innere der Balken, alfo verdeckt, einlegt oder beffer, um fie längs der vollen Breite der Balken wirken zu laffen, über die Seitenflächen der Balken etwas hervorragen läfst. Man verlegt fie teils parallel, teils geneigt zu den Berührungsflächen der Balken, indes, um das Ineinanderpreffen an den lotrechten Berührungsflächen der Dübel und Balken möglichft zu verhindern, fo, dafs ihr Hirnholz auf dasjenige der Balken trifft. Die Dicke der Dübel wechfelt in der Praxis zwifchen $^1/_{10}$ und $^1/_6$ der gefamten Balkenhöhe. Länge und Verteilung der Dübel wechfeln mit der Zahl und Abmeffung der verdübelten Balken, fowie mit der Befchaffenheit der angewendeten Holzarten und ergeben fich aus der folgenden Berechnung.

136. Verdübelung.

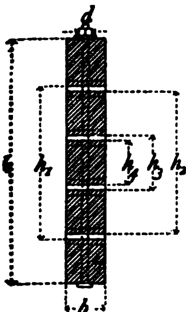
Die Dübel haben unter Einwirkung der wagrechten Schubkraft fowohl dem Zerdrücken, als dem Abfcheren zu widerftehen; auch darf das Abfcheren des zwifchen zwei Dübeln befindlichen Balkenftückes nicht eintreten. Bezeichnen Q die in einem beliebigen Querfchnitte wirkende Querkraft, $\mathcal{J}$ das Trägheitsmoment des ganzen Querfchnittes und $S_{z_1}^{a_1}$ das ftatifche Moment des zwifchen der äufserften und der im Abftande z_1 von der neutralen Achfe gelegenen Faferfchicht befindlichen Flächenteiles, fo ift die wagrechte, auf die Längeneinheit wirkende Schubkraft [74])

$$H = \frac{Q}{\mathcal{J}} S_{z_1}^{a_1}, \qquad \qquad 1.$$

welche demnach fowohl von der äufserften nach der neutralen Faferfchicht hin, als auch von der Trägermitte nach den Trägerenden hin zunimmt, daher in der neutralen Faferfchicht und in den beiden über den Stützen befindlichen lotrechten Ebenen je ein relatives und da, wo jene neutrale Schicht und diefe lotrechten Ebenen zufammentreffen, ihr abfolutes Höchftmafs erreicht.

Für Träger aus mehreren verdübelten Balken von der Breite b und Gefamthöhe h, welche durch Schraubenbolzen vom Durchmeffer d zufammengehalten find, ergeben fich mit Bezug auf die Bezeichnungen in Fig. 283 das Trägheitsmoment [75])

Fig. 283.



$$\mathcal{J} = \frac{b-d}{12}\left[h^3 - h_1{}^3 + h_2{}^3 - h_3{}^3 + h_4{}^3 - \dots\right], \qquad 2.$$

und das auf die neutrale Faferfchicht bezogene ftatifche Moment

$$S_0^{\frac{h}{2}} = \frac{b-d}{8}\left[h^2 - h_1{}^2 + h_2{}^2 + h_3{}^2 + h_4{}^2 - \dots\right]; \qquad 3.$$

mithin, wenn die beiden Werte eingeführt werden, die in der neutralen Faferfchicht wirkende Schubkraft

$$H = \frac{3}{2}\,Q\left[\frac{h^2 - h_1{}^2 + h_2{}^2 - h_3{}^2 + h_4{}^2 - \dots}{h^3 - h_1{}^3 + h_2{}^3 - h_3{}^3 + h_4{}^3 - \dots}\right], \qquad 4.$$

oder, wenn von der Verfchwächung durch die zwifchen den einzelnen Balken befindlichen Zwifchenräume abgefehen werden kann, annäherungsweife

$$H = \frac{3}{2} \cdot \frac{Q}{h} \qquad \qquad 5.$$

Diefe Gleichung gilt für Träger mit zwei verdübelten Balken, bei welchen die Dübel längs der neutralen Faferfchicht angeordnet find. Bei Trägern mit drei verdübelten Balken wird für jede der beiden um $\frac{h}{6}$ von der neutralen Faferfchicht abftehenden Dübelfchichten der Schubkraft

[74]) Nach Gleichung 74, S. 286 (2. Aufl.: Gleichung 56, S. 76; 3. Aufl.: Gleichung 89, S. 102) in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte diefes »Handbuches«.

[75]) Nach Gleichung 43, S. 266 (2. Aufl.: Gleichung 19, S. 33; 3. Aufl.: Gleichung 19, S. 35) ebendaf.

$$H = \frac{4}{3} \cdot \frac{Q}{h} \quad \ldots \ldots \quad 6.$$

Wird allgemein die wagrechte Schubkraft

$$H = \alpha \frac{Q}{h} \quad \ldots \ldots \quad 7.$$

gefetzt, fo ift für den Fall des Gleichgewichtes, wenn m Schrauben mit der Reibung R auf den Abftand a je zweier Dübel kommen, b die Breite der Balken und $\frac{\delta}{n}$ den Eingriff eines Dübels in einen Balken bezeichnen, wenn das Zerdrücken des Balkens, bezw. Dübels nicht ftattfinden foll, unter Hinweis auf Fig. 284

Fig. 284.

$$H a - R m = p \frac{b \delta}{n}, \quad \ldots \ldots \quad 8.$$

worin p die kleinfte zuläffige Preffung für die Flächeneinheit bedeutet. Wird hierin der allgemeine Wert von H aus Gleichung 7 eingeführt und angenommen, dafs der Querfchnitt $\frac{\pi d^2}{4}$ jedes Schraubenbolzens die volle Zugfeftigkeit s der Flächeneinheit auszuhalten hat, fo ift, wenn μ den Reibungskoefficienten von Holz auf Holz bezeichnet, die gröfste zuläffige Entfernung der Dübel

$$a = \frac{h}{\alpha Q} \left(p \frac{b \delta}{n} + \mu m s \frac{\pi d^2}{4} \right), \quad \ldots \ldots \quad 9.$$

worin $\mu = 0{,}5$, $m = \frac{1}{2}$ und $d = \frac{b}{10}$ angenommen werden kann.

Wenn das Abfcheren des Dübels nicht ftattfinden foll, fo ift, wenn die durch den Bolzen erzeugte Reibung durch hölzerne Einlagen aufgehoben wird, wenn ferner v die Schubfeftigkeit des Dübelholzes und β die Breite des Dübels bedeuten, für den Fall des Gleichgewichtes

$$H a - R m = v b \beta \quad \ldots \ldots \quad 10.$$

Soll gleiche Sicherheit gegen Zerdrücken und Abfcheren der Dübel beftehen, fo erhält man durch Verbindung der Gleichungen 8 und 10 allgemein die Breite des Dübels

$$\beta = \frac{p}{v} \cdot \frac{\delta}{n}, \quad \ldots \ldots \quad 11.$$

und, wenn $\frac{p}{v} = \frac{480}{80}$ gefetzt wird, für diefen befonderen Fall

$$\beta = 6 \frac{\delta}{n},$$

alfo gleich dem 6fachen ihres Eingriffes in einen Balken.

Damit das Abfcheren des zwifchen zwei Dübeln befindlichen Balkenftückes nicht ftattfinde, ift, wenn mit v feine Schubfeftigkeit und mit β die Länge jedes Dübels bezeichnet wird,

$$H a - R m = v b (a - \beta); \quad \ldots \ldots \quad 12.$$

daher darf nach Einführen der Werte H und R, wenn das Abfcheren der Dübel nicht eintreten foll, die Entfernung derfelben höchftens

$$a = \frac{h}{\alpha Q - v b h} \left(\frac{m \pi \mu s}{4} d^2 - v b \beta \right) \quad \ldots \ldots \quad 13.$$

betragen.

Soll endlich gleiche Sicherheit gegen Zerdrücken und Abfcheren der Balken vorhanden fein, fo erhält man durch Verbindung der Gleichungen 8 und 12 allgemein die Entfernung der Dübel

$$a = \beta + \frac{p}{v} \cdot \frac{\delta}{n}; \quad \ldots \ldots \quad 14.$$

mithin, wenn wieder $\frac{p}{v} = \frac{480}{60}$ gefetzt wird, für diefen befonderen Fall die Entfernung der Dübel

$$a = \beta + 8 \frac{\delta}{n}, \quad \ldots \ldots \quad 15.$$

alfo gleich ihrer Breite, vermehrt um das 8fache ihres Eingriffes in einen Balken.

137 Verfchränkung. γ) Die **Verfchränkung** (VI a) dient befonders zur Verftärkung lotrechter Verbandftücke, wie Eckpfoften und Hängefäulen, und erfordert das genaue Ineinandergreifen der Balken, wobei die rechteckigen Eingriffe die ein- bis zweifache

Länge und eine Dicke von je $^1/_{10}$ der ganzen Balkenſtärke erhalten, während die zum feſten Aneinanderſchlieſsen der Verbandſtücke notwendigen Schraubenbolzen je nach der Beanſpruchung der Balken durch die Mitte jedes oder jedes dritten Eingriffes gezogen werden.

4) Winkelverband von Balken, Brettern und Bohlen in einer Ebene.

α) Der Stoſs auf Gehrung (III) dient zur Verbindung von je zwei Brettern meiſt unter einem rechten Winkel, indem man ihre Enden unter einem Winkel von 45 Grad abſchneidet und ſtumpf zuſammenſtöſst. Als Befeſtigungsmittel dienen Leim oder Nägel, Dübel und Klammern. Zur Winkelverbindung von Brettern nach ihrer Länge dient die ſchräge Fuge. 138. Gehrung.

β) Die Verſatzung dient zum Zuſammenſetzen von Verbandſtücken teils unter einem rechten, teils unter einem ſpitzen Winkel α. Im erſteren Falle unterſcheidet man die gerade (VIII), ſchräge (IX) und gebrochene (X) Verſatzung ohne oder mit Zapfen, welche zu ihrer Befeſtigung eiſerner Klammern oder Bänder bedürfen, im letzteren Falle die einfache (XI) und doppelte (XII) Verſatzung, je nachdem ſie bei minder oder mehr ſpitzen Winkeln angewendet wird. In beiden Fällen erhält die Verbindung entweder durch einen Zapfen mit Holznagel zur Vermeidung des Abhebens (Zapfenverſatzung) oder durch einen ſchrägen Schraubenbolzen (Bolzenverſatzung) ihre eigentliche Befeſtigung (Fig. 285 bis 288). Die Bolzenköpfe, welche man unten anbringt, erhalten hierbei entweder eine dem Winkel α entſprechende Neigung gegen die Bolzenachſe, oder ſie werden beſſer in den unteren Balken ſo eingelaſſen, daſs ſie parallel zu den oben angebrachten Muttern ſtehen. 139. Verſatzung.

Fig. 285.

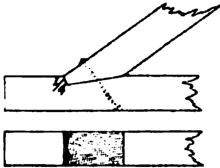


Fig. 286.

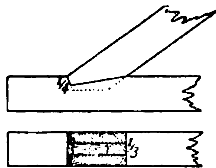


Fig. 287.

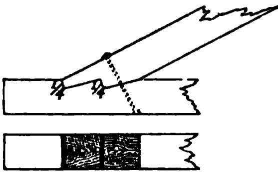
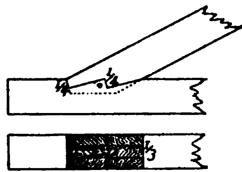
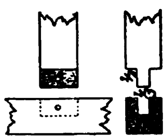


Fig. 288.



γ) Der Zapfen oder die Verzapfung (XV bis XX) wird zu Winkelverbindungen ſowohl in wagrechten, als auch in geneigten Ebenen angewendet und iſt gerade oder ſchräge, wenn der von den Verbandſtücken gebildete Winkel ein rechter oder ſpitzer iſt. 140. Verzapfung.

Fig. 289.



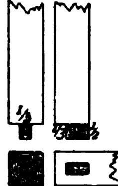


Fig. 290.

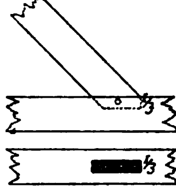


Fig. 291.

Der gerade Zapfen, ſowie das zugehörige Zapfenloch erhalten eine Länge von der Hälfte der Breite und eine Dicke von $^1/_3$ der Höhe des Balkens, in welchen er eingreifen ſoll. Bei Befeſtigung dieſer Verbindung durch Holznägel gibt man dem Zapfen eine etwas gröſsere Länge (Fig. 289). Bei **T**-förmigen Balkenverbindungen erhält der gerade Zapfen die volle Breite des eingreifenden Balkens, während er bei **L**-förmigen Verbindungen, wie ſie bei Eckpfoſten vorkommen, »geächfelt« wird, d. h. nur $^2/_3$ ſeiner vollen Breite erhält (Fig. 290).

Beim fchrägen Zapfen famt dem zugehörigen Zapfenloch nimmt man den fpitzen Winkel fo, dafs beide eine paralleltrapezförmige Geftalt erhalten (Fig. 291), gibt ihnen übrigens ähnliche Abmeffungen, wie dem geraden Zapfen, je nachdem genagelt wird oder nicht. Hierher gehört auch der zum nachträglichen Einfügen von Winkelverbänden dienende Jagdzapfen (Fig. 338). Stark belafteten Balken, an welchen der gewöhnliche gerade Zapfen leicht abbrechen würde, gibt man einen Bruftzapfen (Fig. 292 u. 293). Wenn die Verbandftücke fehr ftark find, fo erhalten fie Doppelzapfen mit einer Dicke von je $^1/_5$ der Pfoften- oder Balkenlänge (Fig. 294).

Fig. 292.

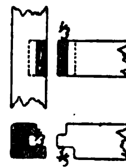


Fig. 293.

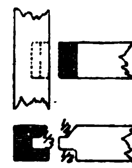
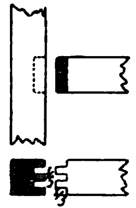


Fig. 294.



Die einfachen und doppelten Blattzapfen oder Blockzapfen (Fig. 295 *a* u. *b*) erhalten folche Pfoften, die breiter find, als die Balken, welche fie aufnehmen follen. Mufs aufser feitlicher Verfchiebung das Auseinanderziehen der Verbandftücke verhindert werden, fo verwendet man, je nachdem der Zapfen durch das zweite Verbandftück hindurchgehen darf oder nicht, die Schwalbenfchwanzzapfen oder Weifsfchwanzzapfen mit Keil (XX). Diefelbe Aufgabe hat auch der bei Gründungen angewandte Keil- oder Grundzapfen (Fig. 296), der das Abheben der Roftfchwellen von den Grundpfählen verhindern foll und in einem gewöhnlichen geraden Zapfen befteht, welcher nach Einführung in das nach oben fchwalbenfchwanzförmig erweiterte Zapfenloch durch Eintreiben eines einfachen oder doppelten Keiles nach oben fchwalbenfchwanzförmig fo verbreitert wird, dafs er das Zapfenloch vollkommen ausfüllt. Der zu Eckverbindungen dienende Schlitz- oder Scherzapfen (Fig. 297) erhält $^1/_3$ der Stärke beider Verbandftücke zur Dicke und wird gewöhnlich durch je zwei nach der Diagonale angeordnete hölzerne Nägel befeftigt.

Fig. 295.

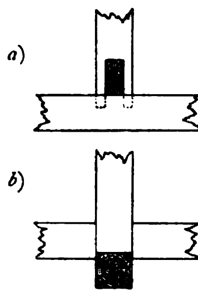


Fig. 296.

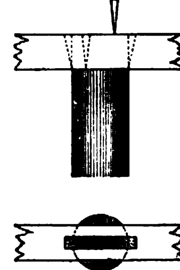
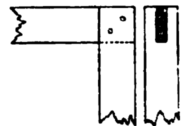


Fig. 297.



141. Verblattung.

δ) Das Blatt oder die Verblattung (IV bis VII) dient zur Verbindung winkel-, **T**- oder kreuzförmig zufammentreffender Balken und ift hiernach entweder einfach (Fig. 299 *a* u. *b*) oder doppelt (Fig. 298), wozu in der Regel noch eine Befeftigung durch je einen hölzernen Nagel kommt. Soll zugleich das Auseinanderziehen der Balken verhindert werden, fo verwendet man das Hakenblatt (Fig. 299 *b* u. *c*), das Weifsfchwanzblatt (Fig. 300 *a* u. *c*) oder das Schwalbenfchwanzblatt (Fig. 300 *a* u. *b*), welche beiden letzteren entweder durchreichen oder nicht, d. h. mit »Brüftung« (Fig. 301 *a*, *b*, *c*) verfehen werden. Um diefelben am Eingriff nicht zu fehr zu verfchwächen, erhalten fie nicht felten eine »Verfatzung« (Fig. 301 u. 302).

Fig. 298.

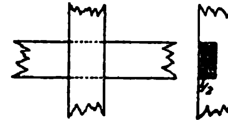
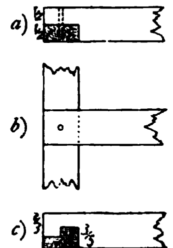


Fig. 299.



Um Eckverblattungen weniger leicht verfchieblich zu machen, verwendet man nicht felten das Blatt mit fchrägem Schnitt (Fig. 303 *a* u. *b*). Beim Ausfteifen

Fig. 300.

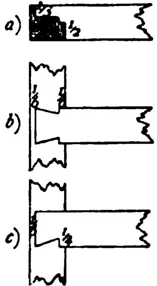


Fig. 301.

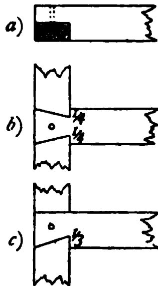


Fig. 302.

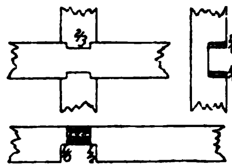
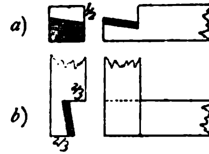


Fig. 303.



von Balken durch Winkelbänder wendet man fchwalbenfchwanzförmige Blätter von der halben Balkendicke in Verbindung mit fchrägem Stofs an, wobei man die erfteren noch durch hölzerne Nägel befeftigt (Fig. 339).

142. Verzinkung.

ε) Die Verzinkung (XXIV *a* u. XXIV *b*) dient meift zur rechtwinkeligen Eckverbindung von Bohlen, bezw. Brettern und wird hergeftellt, indem die Bretter an ihren Hirnenden mit Zähnen fo verfehen werden, dafs fie zum Eingriff gebracht werden können und dann, meift mit Hilfe von Leim, eine fefte Verbindung gebildet wird. Die Zähne find meift parallelepipedifch, in welchem Falle fie die Verfchiebung nach zwei zu einander fenkrechten Richtungen geftatten, oder beffer fchwalbenfchwanzförmig, weil dann die Verfchiebung nur nach einer Seite hin möglich ift. Reichen die Zähne beider Verbandftücke durch, fo ift es eine offene (einfache), reichen fie nicht ganz durch, fo dafs das Hirnholz der Zähne aufsen nicht fichtbar wird, eine verdeckte Verzinkung.

143. Aufklauung.

ζ) Die Klaue (Geifsfufs) oder die Aufklauung (XIII u. XIV) dient zur Verbindung je zweier in einer geneigten Ebene befindlicher, meift unter rechten Winkeln zufammentreffender Verbandftücke, von welchen das geneigte einen der Form des anderen entfprechenden Einfchnitt erhält. Ift nun diefer Einfchnitt rechtwinkelig, fo entfteht die einfache Klaue; ift derfelbe hakenförmig und mit einem Zapfen verbunden, fo entfteht die fog. Klaue mit Zapfen im Neft, welche bereits im Mittelalter bekannt war und in Süddeutfchland und Oefterreich noch allgemein Verwendung, befonders beim Aufklauen der Sparren auf die Fufspfetten, findet.

144. Schiften.

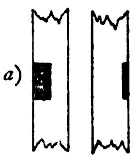
η) Das Schiften oder Anfchmiegen dient zur Verbindung je zweier in einer meift geneigten Ebene befindlicher, unter mehr oder minder fpitzen Winkeln zufammentreffenden Verbandftücke und befteht in der genauen Ermittelung und Herftellung der Anfchlufsfläche des Seitenbalkens an den Hauptbalken, z. B. eines »Schiftfparrens« an den Gratfparren des Walmdaches. Die Befeftigung der Verbandftücke wird durch eiferne Nägel bewirkt.

5) Winkelverband in zwei oder mehr parallelen Ebenen.

145. Verkämmung

α) Der Kamm oder die Verkämmung (XXII bis XXVI) dient zur Verbindung kreuzförmig übereinander liegender Balken, von welchen der obere eine etwa 2 cm ftarke Erhöhung (den Kamm), der untere eine derfelben genau entfprechende Vertiefung (die Kammfaffe) erhält. Je nachdem die Grundform beider rechteckig, weifsfchwanzförmig, fchwalbenfchwanzförmig oder kreuzförmig ift, unterfcheidet man den einfachen oder doppelten Kamm (Fig. 304 *a* u. *b*, 305 *a* u. *b*), wenn bei geringeren

Fig. 304.



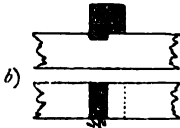
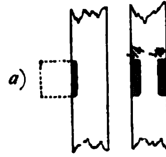


Fig. 305.



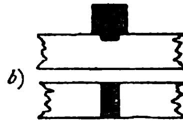
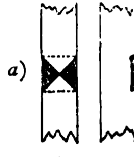


Fig. 306.



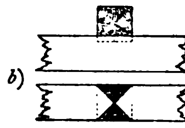
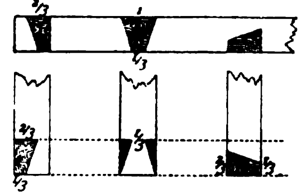


Fig. 307.



oder gröſseren Breiten je ein oder je zwei Kammſaſſen vorhanden ſind, den Weiſsſchwanzkamm und Schwalbenſchwanzkamm (Fig. 307) und den Kreuzkamm (Fig. 304*a* u. *b*), welcher je zwei dreieckige Erhöhungen und Vertiefungen erfordert. Wo Balkenlagen in drei übereinander befindlichen Ebenen vorkommen, wie dies bei den Balkenlagen von Holz- und Fachwerkbauten der Fall iſt, wiederholen ſich die zuvor genannten Verbindungen, wobei an den Ecken vorzugsweiſe der weiſsſchwanzförmige, zwiſchen denſelben der ſchwalbenſchwanzförmige Kamm Anwendung findet. Da verkämmte Verbandſtücke in der Regel durch Belaſtung genügend aufeinander gepreſst werden, ſo iſt die weitere Befeſtigung derſelben durch Dollen wenig im Gebrauch.

146. Nuten auf den Grat. β) Das Nuten auf den Grat (XVIII a) dient zur Verbindung meiſt rechtwinkelig ſich kreuzender Bretter, wobei gewöhnlich eine Bretterlage durch einzelne ſtärkere Bretter (Leiſten) zu einer Tafel vereinigt wird. Damit das Abheben der Bretterlage nicht ſtattfinden kann, erhalten dieſelben eine ſchwalbenſchwanzförmig erweiterte Nut, in welche eine entſprechend geformte Feder oder Leiſte eingreift, die rechtwinkelig zu den Langſeiten der Bretter eingeſchoben wird.

---

2. Kapitel.

Freiſtützen und Pfähle.

Die im Hochbauweſen erforderlichen Freiſtützen kommen meiſt im beſchlagenen Zuſtande, als Pfoſten, zur Verwendung und haben hauptſächlich ruhende Laſten zu tragen, während die zum Grundbau dienenden durchgehenden oder zuſammengeſetzten Pfähle meiſt unbeſchlagen bleiben, zwar in gleicher Weiſe belaſtet werden, aber auſserdem den Stöſsen beim Einrammen zu widerſtehen haben. Während die Pfoſten meiſt ganz frei ſtehen und je nach dem Verhältnis ihrer kleinſten Querſchnittsabmeſſung zu ihrer Länge $\frac{h}{l}$ einem Druck oder einer ſeitlichen Ausbiegung ausgeſetzt ſind, ſtecken die Roſtpfähle teilweiſe und die Grundpfähle ganz im Baugrund.

a) Freiſtützen.

147. Form und Stärke. Bezeichnet man mit E den Elaſtizitätsmodul, mit K die zuläſſige Beanſpruchung auf einfachen Druck, mit C einen von der Endbefeſtigung der Stütze abhängigen Koeffizienten, ſo iſt, wenn c einen von der Querſchnittsform abhängigen Zahlen-Koeffizienten und $\frac{1}{s}$ den Sicherheitskoeffizienten bezeichnen, welcher durchſchnittlich

zu $\frac{1}{10}$ angenommen werden kann, die Freiſtütze auf Druck oder ſeitliche Ausbiegung zu berechnen, je nachdem [76])

$$\frac{h}{l} \gtrless \sqrt{\frac{K}{E}} \sqrt{\frac{s}{Cc}} \qquad 16.$$

Bezeichnet P die Belaſtung der Stütze, ſo erhält man im erſteren Falle den Querſchnitt dieſer Stütze [77])

$$F = \frac{P}{K}, \qquad 17.$$

im letzteren Falle das Trägheitsmoment ihres Querſchnittes [78])

$$\mathcal{J} = \frac{s\,l^2}{C\,E}\,P \qquad 18.$$

Da die Querſchnitte beſchlagener Stützen Rechtecke ſind, deren gröſste Seite mit b und deren kleinſte Seite mit h bezeichnet werden mögen, ſo läſst ſich im erſteren Falle aus der Beziehung

$$b\,h = \frac{P}{K}, \qquad 19.$$

im letzteren Falle, worin $c = \frac{1}{12}$ beträgt, aus

$$b\,h^3 = 12\,\frac{s\,l^2}{C\,E}\,P \qquad 20.$$

eine dieſer Abmeſſungen ermitteln, wenn die andere angenommen iſt. Da $h < b$ iſt, alſo höchſtens $h = b$ werden kann, ſo zeigt die letzte Gleichung, daſs P ſeinen verhältnismäſsig gröſsten Wert erreicht, wenn die Stütze einen quadratiſchen, d. h. einen Querſchnitt erhält, für welchen die Gefahr einer ſeitlichen Ausbiegung nach zwei zu einander ſenkrechten Richtungen gleich gering iſt und deſſen Seite

$$b = \sqrt[4]{\frac{12\,s\,l^2}{C\,E}\,P} \qquad 21.$$

beträgt.

Der zuläſſige Druck auf die Flächeneinheit des Querſchnittes einer auf ſeitliche Ausbiegung beanſpruchten, rechteckig beſchlagenen Stütze iſt [78])

$$k = \frac{1}{12} \cdot \frac{C\,E}{s} \left(\frac{h}{l}\right)^2 \qquad 22.$$

und nimmt, wenn aus Gleichung 16 der Grenzwert

$$l = h \sqrt{\frac{E}{K}} \sqrt{\frac{C}{12\,s}} \qquad 23.$$

eingeführt wird, ſeinen gröſsten Wert

$$k = K, \qquad 24.$$

ferner für alle unter übrigens gleichen Umſtänden zunehmenden Längen der Stützen abnehmende Werte an, welche für $\frac{E}{12 \cdot 5} = \frac{120000}{12 \cdot 10}$ (für Kilogr. und Quadr.-Centimeter) aus der Gleichung

$$K = 1000\,C \left(\frac{h}{l}\right)^2 \qquad 25.$$

---

76) Nach Gleichung 131, S. 303 (2. Aufl.: Gleichung 119, S. 105; 3. Aufl.: Gleichung 144, S. 130) ebendaſ.

77) Nach Gleichung 2, S. 246, bezw. 135, S. 305 (2. Aufl.: Gleichung 32, S. 51, bezw. 126, S. 107; 3. Aufl.: Gleichung 37, S. 60, bezw. 143, S. 130) ebendaſ.

78) Nach Gleichung 133 u. 134, S. 304 (2. Aufl.: Gleichung 124 u. 125, S. 107; 3. Aufl.: Gleichung 145, S. 131) ebenda.

berechnet werden können. Hiernach ergeben ſich für folgende vier Befeſtigungsarten der Stütze die nachſtehenden zuläſſigen Werte von k[79]):

	Fall 1: Ein Ende eingeſpannt, das andere frei drehbar	Fall 2: Beide Enden frei drehbar	Fall 3: Beide Enden eingeſpannt	Fall 4: Ein Ende eingeſpannt, das andere drehbar, aber lotrecht geführt
$C =$	$\frac{\pi^2}{4}$	π^2	$4\pi^2$	$2\pi^2$
$k =$	$2467 \left(\frac{h}{l}\right)^2$	$9868 \left(\frac{h}{l}\right)^2$	$39\,472 \left(\frac{h}{l}\right)^2$	$19\,736 \left(\frac{h}{l}\right)^2$

Dies liefert für vorſtehende vier Fälle und folgende Werte von $\frac{h}{l}$ beſchlagener Stützen die nachſtehenden Werte von k:

$\frac{h}{l}$	0,117	0,110	0,101	0,090	0,080	0,070	0,060	0,050	0,040	0,030	0,020	0,010
k_1	75	55	38	25	20	16	12	9	6	4	2	1
k_2	300	220	152	100	80	64	48	36	24	16	8	4
k_3	1200	880	608	400	320	256	192	144	96	64	32	16
k_4	600	440	304	200	160	128	96	72	48	32	16	8

Kilogramm für 1 qcm.

Beiſpiel. Hat ein Ständer von 4 m Höhe mit quadratiſchem Querſchnitt, deſſen unteres Ende feſt eingeſpannt, deſſen oberes Ende frei drehbar iſt, eine Laſt von 1000 kg zu tragen, ſo läſst ſich ſeine Stärke, welche Sicherheit gegen ſeitliches Ausbiegen gewährt, auf folgende Art berechnen. Wird der Elaſtizitätsmodul des Holzes $E = 120\,000$ kg, der Sicherheitskoeffizient für Holz $s = \frac{1}{10}$ angenommen, ſo wird nach Gleichung 21 die Seite des quadratiſchen Querſchnittes

$$b = \sqrt[4]{\frac{12 \cdot 4 \cdot \overline{400}^2 \cdot 10}{\overline{3{,}14}^2 \cdot 120\,000} 1000} = 21{,}24 \text{ cm.}$$

148. Anwendung. Freiſtehende, ſchwer belaſtete Freiſtützen von mäſsiger Höhe werden aus einem einzigen Stamme hergeſtellt. Wo bei bedeutenden Ständerhöhen das Zuſammenſetzen ihrer Teile ſtattfinden muſs, wendet man den Nutzapfen (ſiehe Art. 129, S. 101) an, welchen man durch je zwei Holznägel, beſſer Schraubenbolzen oder, je nach der Stärke des Ständers, durch zwei oder vier Schienen, in Verbindung mit Bolzen (ſiehe Fig. 281, S. 101) verſtärkt.

b) Pfähle.

149. Pfähle. Die zur Gründung von Hochbauten erforderlichen Pfähle werden in unbeſchlagenem Zuſtande und entweder als völlig im Baugrund ſteckende Grundpfähle oder als zum Teil in den Baugrund eingerammte, teilweiſe über denſelben hervorragende Roſt- oder Langpfähle angewendet. Beide haben einen Widerſtand zu entwickeln, welcher ihrer gröſsten Belaſtung mindeſtens gleich ſein muſs. Dieſer Widerſtand ſetzt ſich aus dem lotrechten Gegendruck des Baugrundes auf den Pfahlquerſchnitt und aus dem wagrechten Seitendruck desſelben auf die Pfahlwandung, bezw. dem hierdurch erzeugten Reibungswiderſtand zuſammen. Bezeichnet man jenen

79) Siehe auch die Tabelle in Art. 341, S. 305 (2. Aufl.: Art. 126, S. 108; 3. Aufl.: Art. 141, S. 132) ebendaſ.

lotrechten und wagrechten Druck auf die Flächeneinheit bezw. mit w_1 und w_2, mit μ den Reibungskoeffizienten zwifchen Pfahlholz und Baugrund, fo ergibt fich für einen der gröfsten Belaftung Q durch ein Hochbauwerk ausgefetzten Pfahlroft mit n Pfählen von der Länge l und dem Durchmeffer d die Gleichung

$$w_1 n \pi \frac{d^2}{4} + w_2 n \pi d l \mu = Q, \quad \ldots \ldots \ldots \quad 26.$$

woraus fich für eine gegebene Anzahl n von Grundpfählen deren Durchmeffer

$$d = -\frac{2 \mu l w_2}{w_1} + 2 \sqrt{\left(\frac{l \mu w_2}{w_1}\right)^2 + \frac{Q}{n \pi w_1}} \quad \ldots \ldots \quad 27.$$

oder, wie gewöhnlich, bei Verwendung von Pfählen mit bekanntem Durchmeffer die Zahl derfelben finden läfst. Die Stärke von Roftpfählen, welche unten feft im Boden ftecken, während fie mehr oder minder bedeutend über denfelben hervorragen, ift nach Art der Freiftützen zu berechnen, deren unteres Ende eingefpannt und deren oberes Ende drehbar ift und wobei in Gleichung 18 für $\mathfrak{J} = \frac{\pi}{64} d^4$ zu fetzen ift. Hieraus ergibt fich mit Bezug auf den hervorragenden Teil des mit der Belaftung $\frac{Q}{n} = P$ befchwerten Roftpfahles der erforderliche Durchmeffer

$$d = \sqrt[4]{\frac{64 s l^2}{\pi C E} P}, \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 28.$$

worin der Sicherheitskoeffizient $\frac{1}{s} = \frac{1}{10}$, der Elaftizitätskoeffizient des Pfahlholzes $E = 120\,000^{\text{kg}}$ und $C = \frac{\pi^2}{4}$ gefetzt werden kann.

Roftpfähle werden aus Baumftämmen hergeftellt, welche man von der Rinde, aber nicht vom Splinte befreit. Kantige Roftpfähle wendet man nur da an, wo fie über den Baugrund hervorragen und fichtbar bleiben follen oder wo aus einem fehr ftarken Stamme mehrere Pfähle gefchnitten werden. Bei nachgiebigem Baugrund, z. B. Lehm-, Thon- oder Sandboden, und nicht zu grofsen Gründungstiefen genügt es, die Pfähle unten mit einer drei- oder vierfeitigen, etwas abgeftumpften Spitze (Fig. 308 u. 309), welcher man die zwei- bis dreifache Pfahldicke zur Länge und, zur Vermeidung von Schiefftellen des Pfahles, eine genau centrifche Lage gibt, zu verfehen. 150. Form.

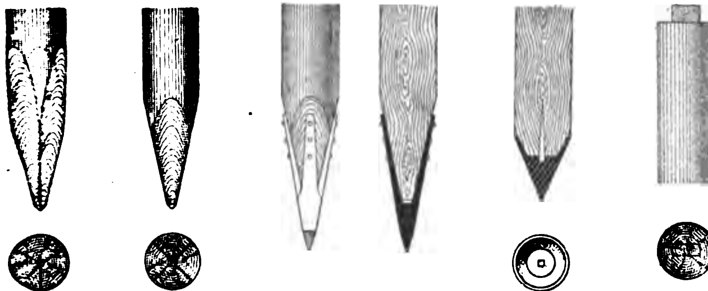


Fig. 308. Fig. 309. Fig. 310. Fig. 311. Fig. 312.

Bei unnachgiebigem Baugrund, z. B. bei Kies- oder fteinigem Boden, und bei gröfseren Gründungstiefen werden die Pfahlfpitzen mit fchmiedeeifernen oder gufseifernen Pfahlfchuhen (Fig. 310 u. 311) verfehen.

Die fchmiedeeifernen Pfahlfchuhe, welche wegen ihrer gröfseren Elaftizität beim Einrammen nicht fo leicht brechen und deshalb den gufseifernen Pfahlfchuhen vorgezogen werden, beftehen aus einer maffiven, pyramidenförmigen Spitze, an welche 151. Pfahlfchuhe.

drei oder vier mit einigen zur Befeftigung dienenden Nagellöchern verfehene Lappen angefchmiedet find. Damit fich diefe Pfahlfchuhe beim Einrammen nicht auf die Seite fchieben, müffen die Grundfläche der pyramidenförmigen Eifenfpitze, fowie die untere Fläche der abgeftumpften Pfahlfpitze genau fenkrecht zur Pfahlachse gearbeitet fein und dicht aneinander anfchliefsen. Da die Berührungsfläche beider nicht zu klein fein darf, fo erhalten fchmiedeeiferne Pfahlfchuhe ein Gewicht von etwa 5 bis 6 kg.

Die gufseifernen Pfahlfchuhe erfordern ein, unter übrigens gleichen Umftänden, etwa doppelt fo grofses Gewicht als die fchmiedeeifernen und beftehen aus einem Kegel mit vertiefter Grundfläche, in welche ein fchweifseiferner, mit Widerhaken verfehener Dorn eingegoffen ift. Das untere Ende des Pfahles erhält die Form eines abgeftumpften Kegels, welcher in die Vertiefung des Schuhes paffen und fich genau an diefelbe anfchliefsen mufs.

152. Verbindung der Pfahlköpfe.

Oben erhalten die Pfähle, wenn fie Schwellen aufzunehmen haben, entweder einfache Zapfen (Fig. 312) oder, wenn das Abheben der Schwellen durch hydroftatifchen Druck zu befürchten fteht, fog. Grundzapfen (fiehe Fig. 296, S. 106), d. h. Zapfen, welche in die nach oben fchwalbenfchwanzförmig erweiterten Zapfenlöcher der Schwellen eingelaffen und dann durch Keile oben fo weit auseinandergetrieben werden, bis fie an die fchrägen Seitenwände der Zapfenlöcher dicht anfchliefsen.

153. Verlängerung der Pfähle.

Wo die Länge der Roftpfähle nicht ausreicht, um den feften Baugrund zu erreichen, werden diefelben durch aufgefetzte Pfähle verlängert (fiehe Fig. 274 bis 277). Diefes Aufpfropfen von Pfählen, welche den Stöfsen der Ramme zu widerftehen haben, mufs man fo einfach wie möglich machen, um das Spalten und Splittern der Pfähle an ihrer Verbindungsftelle zu vermeiden. Aus diefem Grunde ift erfahrungsgemäfs der in Fig. 282 (S. 101) dargeftellte Kreuzzapfen mit zwei eifernen Schliefsen nicht fo gut, als der ftumpfe Stofs in Verbindung mit fchmiedeeifernen Klammern (fiehe Fig. 276, S. 100), mit übergenagelten fchmiedeeifernen Schienen (fiehe Fig. 277, S. 100), mit fchmiedeeifernen Ringen und hölzernen Dübeln (fiehe Fig. 274, S. 100) oder auch mit gufseifernen Zwifchenftücken (fiehe Fig. 275, S. 100).

154. Form und Verbindung.

Die zur Umfchliefsung unter Waffer liegender Baugruben oder auch zum Schutze unter Waffer befindlicher Fundamente gegen Unterfpülen dienenden Spundwände werden teils aus kantigen, dicht aneinander gerammten Pfählen, teils aus

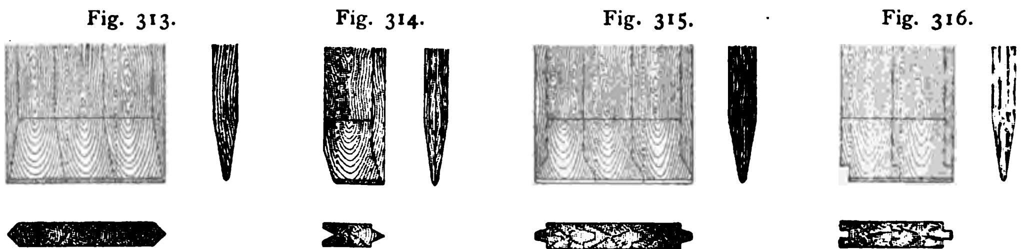
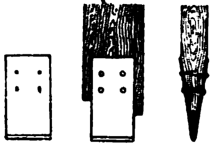


Fig. 313. Fig. 314. Fig. 315. Fig. 316.

ftarken gefpundeten Bohlen, den fog. Spundbohlen hergeftellt, welche man zwifchen kantige, an und zwifchen den Ecken eingerammte Leitpfähle eintreibt. Man verwendet zu denfelben meift grünes Holz, da diefes weniger leicht aufquillt und fich wirft, als trockenes. Um den möglichft dichten Anfchlufs der Spundbohlen zu erzielen, werden die Fugen derfelben mit Spundungen (fiehe Art. 132,

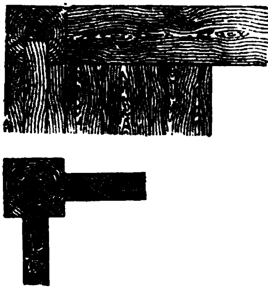
S. 102) verſehen, unter welchen die Keilſpundung mit ein-, drei- und viermal gebrochener Fuge (Fig. 313 bis 315) und die quadratiſche Spundung (Fig. 316) die zweckmäſsigſten ſind. Zum Zweck des Einrammens erhalten dieſelben unten eine gebrochene Schneide und eine einſeitige Zuſchärfung (Fig. 313 bis 316), welche beim Eintreiben keilartig wirkt und die einzutreibende Spundbohle ſeitlich an die zuvor eingetriebene preſst.

Fig. 317.



Obwohl man das Einrammen der Spundbohlen gewöhnlich an den beiden ſeitlichen Spundpfählen beginnt und von da nach der Mitte dieſes Zwiſchenraumes hin fortſchreitet, ſo ſtellen ſich die Spundbohlen beim Einrammen doch allmählich etwas ſchief, weſshalb die in der Mitte verbleibende, von oben nach unten ſich verengende Oeffnung durch eine eigens einzupaſſende, etwas keilförmig geſtaltete, beiderſeits mit Federn verſehene Spundbohle derart geſchloſſen werden muſs, daſs beim Einrammen derſelben die benachbarten Spundbohlen ſich mehr lotrecht ſtellen müſſen und hierbei möglichſt dicht aneinander gepreſst werden.

Fig. 318.



Bei unnachgiebigem Boden erhalten auch die Spundbohlen eiſerne, unten aus einem dreiſeitigen Prisma, oben aus zwei angeſchmiedeten rechteckigen Lappen beſtehende Schuhe (Fig. 317). Dieſe Lappen erhalten die Breite der Spundbohle abzüglich der beiderſeitigen Nuten und Federn und eine genügende Zahl ovaler Nagellöcher, an deren unterer Seite die zur Befeſtigung der Schuhe an den Bohlen erforderlichen Nägel eingeſchlagen werden, damit ſie beim Zuſammenpreſſen der Bohlen durch das Rammen ſich nicht verbiegen oder abbrechen. Oben werden die Spundbohlen beim Einrammen durch zwei ſeitlich angelegte Zangen in einer lotrechten Ebene erhalten, während ſie nach dem Einrammen in eine ihrer vollen Stärke entſprechende Nut der Holme eingelaſſen werden (Fig. 318). 155. Sicherung der Schneiden.

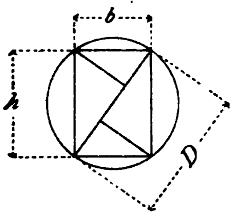
---

3. Kapitel.

Balkenverſtärkungen.

Die zu Hochbauzwecken in vorzugsweiſe wagrechter Lage zur Verwendung kommenden Balken ſind geſchnitten oder beſchlagen und haben rechteckige Querſchnitte, deren Breite und Höhe in einem zweckmäſsigen Verhältnis ſtehen muſs und ſich wie folgt ermitteln läſst. 156. Berechnung der Verſtärkung.

Fig. 319.



Bezeichnen l die freitragende Länge (Stützweite), b und h bezw. die Breite und Höhe eines beſchlagenen Balkens (Fig. 319), D den kleinſten Durchmeſſer des ſchwächſten Baumſtammes, woraus ſich derſelbe herſtellen läſst, ſo iſt ſein Biegungsmoment

$$\frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} b (D^2 - b^2) = \frac{1}{6} (b D^2 - b^3) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 29.$$

Dasſelbe wird ein Maximum, wenn der erſte Differentialquotient desſelben nach b

$$\frac{d(b h^2)}{d b} = D^2 - 3 b^2 = 0$$

geſetzt wird, woraus ſich $b = \frac{D}{\sqrt{3}}$ und $h = D \sqrt{\frac{2}{3}}$ ergeben. Teilt man ſonach den Durchmeſſer D (Fig. 319) in drei gleiche Teile, errichtet in den Teilpunkten die Senkrechten, welche den Umfang des

Stammes ſchneiden, und verbindet dieſe Schnittpunkte mit den Endpunkten des Durchmeſſers, ſo folgen aus der Aehnlichkeit der entſtehenden Dreiecke die Verhältniſſe

$$\frac{b}{\frac{D}{3}} = \frac{D}{b} \quad \text{und} \quad \frac{h}{\frac{2}{3}D} = \frac{D}{h}, \qquad \ldots \quad 30.$$

welche die obigen Werte für b und h ergeben.

In der Praxis pflegt man den Querſchnitten von Balken, welche die relativ gröſste Tragfähigkeit entwickeln ſollen, mit hinreichender Annäherung das Seitenverhältnis $\frac{b}{h} = \frac{5}{7}$ zu geben. Bleibt das Widerſtandsmoment[80]) eines ſolchen Balkens, welches ſeiner Breite und dem Quadrate ſeiner Höhe proportional iſt, hinter ſeinem Biegungs-[81]) oder Angriffsmoment zurück, ſo iſt eine hinreichende Verſtärkung desſelben erforderlich; letztere iſt hiernach vorteilhaft in der Vermehrung ſeiner Höhe zu ſuchen.

Werden zu dieſem Zwecke zwei Balken durch Verzahnung oder Verdübelung verbunden, ſo erfordern dieſelben unter übrigens gleichen Umſtänden eine gröſsere Höhe H, als ein maſſiver Balken von gleicher Widerſtandsfähigkeit, welche ſich wie folgt beſtimmen läſst. Bezeichnet αH denjenigen Teil der Balkenhöhe, welcher bei den zuſammengeſetzten Balken nicht zur Wirkung kommt und bei den verzahnten Balken der Zahnhöhe, bei den verdübelten Balken dem zwiſchen den Einzelbalken verbliebenen Zwiſchenraume entſpricht, ſo iſt, wenn die Biegungsmomente beider Balken gleich ſein ſollen,

$$\frac{bh^2}{6} = \frac{b\,(H - \alpha H)^3}{12} \cdot \frac{2}{H} = \frac{b}{6}\,(1-\alpha)^3\, H^2, \qquad \ldots \quad 31.$$

woraus das Höhenverhältnis des zuſammengeſetzten und maſſiven Balkens zu

$$\frac{H}{h} = \sqrt{\frac{1}{(1-\alpha)^3}} \qquad \ldots \quad 32.$$

gefunden wird. Nimmt man wie gewöhnlich $\alpha = \frac{1}{10}$ an, ſo ergibt ſich

$$\frac{H}{h} = \sqrt{\left(\frac{10}{9}\right)^3} = \frac{1{,}17}{1}, \qquad \ldots \quad 33.$$

woraus folgt, daſs unter übrigens gleichen Umſtänden der zuſammengeſetzte Balken durchſchnittlich die 1,17fache Höhe des maſſiven Balkens erfordert. Bezeichnen M das gröſste Angriffsmoment und k die zuläſſige Beanſpruchung des verwendeten Holzes, ſo iſt $k\,\frac{bh^2}{6} = M$, alſo $h = \sqrt{\frac{6M}{kb}}$, daher, wenn dieſer Wert in Gleichung 32 eingeführt wird, die Höhe des zuſammengeſetzten Balkens

$$H = \sqrt{\frac{6}{(1-\alpha)^3} \cdot \frac{M}{kb}} \qquad \ldots \quad 34.$$

Wird hierin $b = \frac{5}{7} H$ geſetzt, ſo erhält man die der verhältnismäſsig gröſsten Tragfähigkeit des Balkens entſprechende Höhe

$$H = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 7}{5\,(1-\alpha)^3} \cdot \frac{M}{k}} = \frac{2{,}025}{1-\alpha} \sqrt[3]{\frac{M}{k}} \qquad \ldots \quad 35.$$

80) Siehe Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieſes »Handbuches«, Art. 299, S. 263 (2. Aufl.: Art. 89, S. 66; 3. Aufl.: Art. 97, S. 77).

81) Siehe ebendaſ., Art. 295, S. 257 (2. Aufl.: Art. 85, S. 59; 3. Aufl.: Art. 94, S. 70).

a) Verzahnte und verdübelte Balken.

Den verzahnten Balken (Fig. 320 u. 321) fetzt man bei geringeren Spannweiten aus zwei, bei gröfseren Spannweiten aus einer ungeraden Anzahl von Balkenftücken fo zufammen, dafs ihre Stofsfugen abwechfeln, wobei man den oberen auf 157. Verzahnte Balken.

Fig. 320.

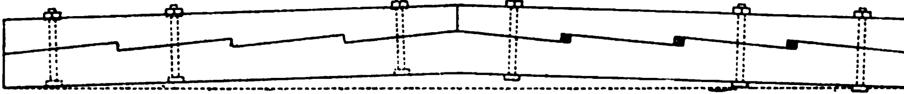
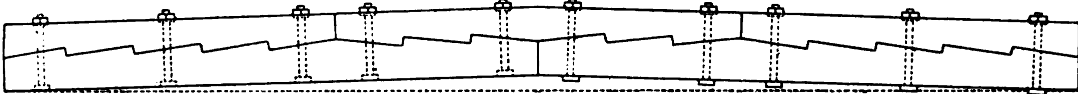


Fig. 321.



Druck beanfpruchten Balken in feiner Mitte (Fig. 320) ftöfst, damit der untere auf Zug beanfpruchte Balken an diefer Stelle zufammenhängt. Um das Ineinanderpreffen der Hirnenden zu vermeiden, fchaltet man zwifchen die Stöfse des oberen Balkens entfprechende Zink-, Kupfer- oder Eifenplatten ein, während man über die Stöfse des unteren Balkens (Fig. 321) eiferne Schienen legt, um den verlorenen Zufammenhang der Balkenftücke wieder herzuftellen. Um Durchbiegungen zu vermeiden, gibt man den verzahnten Balken vorteilhaft eine Sprengung, deren Pfeil $^1/_{50}$ bis $^1/_{100}$ ihrer Länge beträgt. Sind Balken nicht zu erhalten, welche von Natur eine folche Biegung befitzen, fo gibt man fie ihnen künftlich, indem man fie in der Mitte durch einen Klotz unterftützt und ihre Enden entfprechend belaftet oder durch zwei Winden niederdrückt. In diefer Lage mufs der ganze Balken verbleiben, bis die Bolzenlöcher gebohrt und die Bolzen felbft feft angezogen find. Bisweilen ftöfst man den unteren Teil eines fünfteiligen verdübelten Balkens in der Mitte (Fig. 321), um die Sprengung desfelben zu erleichtern. Die Anordnung der Zähne und Verteilung der Schraubenbolzen ergeben fich aus Art. 135 (S. 102), wozu noch zu be-

Fig. 322.

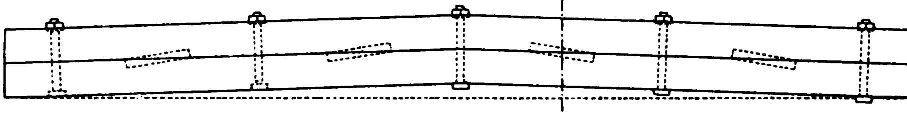


Fig. 323.

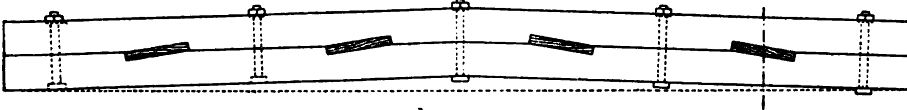
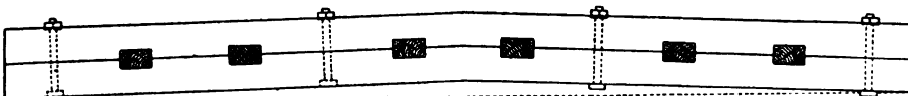




Fig. 324.



merken ift, dafs durch Herftellung der Zähne eine Verfchwächung der Balken eintritt und dafs man, der Schwierigkeit der Herftellung eines tüchtigen verzahnten Balkens wegen, denfelben zur Zeit faft ftets durch den verdübelten Balken erfetzt, welcher bei ungleich leichterer Herftellung mindeftens dasfelbe leiftet.

158.
Verdübelte Balken.

In den meiften Fällen, wo Balken von den Längen der zu überfpannenden Weiten vorhanden find und nur ihre Stärke nicht ausreicht, fetzt man den wagrechten zu verdübelnden Balken aus je 2 Balken (Fig. 322 bis 324) und nur bei gröfserer Belaftung desfelben aus je 3 bis je 5 Balken zufammen. Verdübelten Balken, welche als wagrechte Träger dienen follen, gibt man vorteilhaft eine Sprengung von $^1/_{50}$ bis $^1/_{100}$ ihrer Länge (Fig. 324), welche man ähnlich wie bei den verzahnten Balken herftellt. Dagegen werden durch Verdübelung verftärkte Streben, Sattelhölzer, Spannriegel und Hängefäulen nur aus geraden Balken zufammengefetzt. Form und Entfernung der Dübel, fowie die Zahl und Verteilung der Schraubenbolzen ergeben fich aus Art. 136 (S. 103[82]).

b) Gefchlitzte und gefpreizte Balken.

159.
Gefchlitzte Balken.

Wird ein Balken von der Breite b und der Höhe h in halber Höhe nach feiner Längenachfe aufgefchlitzt und dann nach feiner Mitte hin allmählich fo auseinander gefpreizt, dafs er dort die gefamte Höhe αh erhält, fo wächft fein urfprüngliches Biegungsmoment $\frac{bh^2}{6}$ auf

$$\frac{b}{6} \cdot \frac{\alpha^2 - (\alpha - 1)^3}{\alpha} h^2, \qquad \qquad 36.$$

fonach, da in der Praxis gewöhnlich $\alpha = 2{,}5$ angenommen wird, auf $4{,}9 \frac{bh^2}{6}$ oder faft auf das Fünffache. Diefe Erhöhung der Tragfähigkeit veranlafste *Laves*, Balken in der Mitte auffägen und durch eingefchaltete Klötze auseinander fpreizen, ihre Enden aber, zur Vermeidung eines völligen Auffchlitzens, durch Schraubenbolzen (Fig. 325 u. 326 rechts) oder beffer durch umgelegte eiferne Bänder (Fig. 325

Fig. 325.

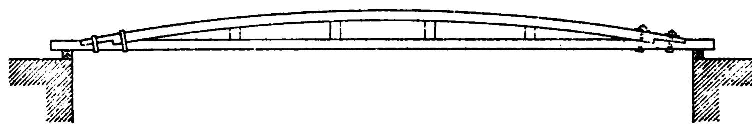
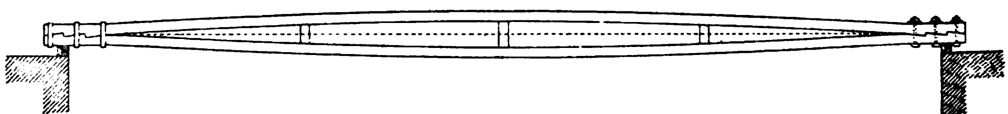


Fig. 326.

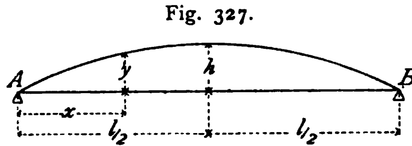


u. 326 links) feft zufammenhalten zu laffen. Da die Druckfeftigkeit des Holzes etwas geringer als feine Zugfeftigkeit ift, fo liefs *Laves* dem oberen Balkenteile etwa $\frac{4}{3}$ von der Stärke des unteren, alfo dem erfteren $\frac{4}{7} h$ und dem letzteren $\frac{3}{7} h$ zur Höhe geben.

82) Siehe auch: THULLIE, M. R. v. Zur Anwendung verzahnter und verdübelter Träger. Centralb. d. Bauverw. 1895, S. 296.

Wo die Stärke eines Balkens nicht ausreicht, um die zuvor angegebenen nötigen Widerſtandsmomente zu erzielen, kann man durch Zuſammenſetzen je zweier Balken, welche man an den Enden feſt verbindet und von welchen man entweder nur den unteren oder nur den oberen (Fig. 325) oder auch beide (Fig. 326) biegt, und durch hölzerne Spreizen oder hölzerne Zangen auseinander hält, ſich helfen. 160. Geſpreizte Balken.

Fig. 327.



Bezeichnet man die Ordinaten der Schwerlinien beider Balken (Fig. 327) für die beliebige Abſciſſe x und die halbe Stützweite $\frac{l}{2}$ bezw. mit y und h und die Angriffsmomente der wagrechten Kräfte in den daſelbſt geführten lotrechten Schnitten bezw. mit M_x und $M_{\frac{l}{2}}$, ſo ergibt ſich die Form der geſpreizten Balken aus der Gleichung

$$y = \frac{M_x}{M_{\frac{l}{2}}} h, \qquad 37.$$

welche z. B. für gleichförmig auf die Projektion verteilte Belaſtung g, wofür bekanntlich $M_x = \frac{g}{2} x (l - x)$ und $M_{\frac{l}{2}} = g \frac{l^2}{8}$ iſt, in die Gleichung

$$y = \frac{4 h}{l^2} x (l - x), \qquad 38.$$

alſo in die Gleichung der quadratiſchen Parabel übergeht. Der Querſchnitt F_z des gezogenen und F_d des gedrückten Balkens hat gleichzeitig den darin auftretenden wagrechten und lotrechten Kräften

$$H_x = \frac{M_x}{y} \quad \text{und} \quad V_x = \frac{d M_x}{d_x} \qquad 39.$$

zu widerſtehen, woraus ſich bezw. die Querſchnittsflächen des gezogenen und gedrückten Balkens für die zuläſſigen Zug- und Druckſpannungen z und d, ſowie für die zuläſſigen Schubſpannungen v zu

$$F_z = \frac{M_x}{y z} \quad \text{und} \quad F_z' = \frac{1}{v} \frac{d M_x}{d_x}, \qquad 40.$$

$$F_d = \frac{M_x}{y d} \quad \text{und} \quad F_d' = \frac{1}{v} \frac{d M_x}{d_x} \qquad 41.$$

ergeben.

Für den quadratiſch-paraboliſchen Balken mit gleichförmig auf die Projektion verteilter Belaſtung erhält man bezw.

$$F_z = \frac{1}{z} \frac{g l^2}{8 h} \quad \text{und} \quad F_z' = \frac{1}{v} g \left(\frac{l}{2} - x\right), \qquad 42.$$

ferner

$$F_d = \frac{1}{d} \frac{g l^2}{8 h} \quad \text{und} \quad F_d' = \frac{1}{v} g \left(\frac{l}{2} - x\right), \qquad 43.$$

woraus folgt, daſs in dieſem Falle die Querſchnitte F_z und F_d konſtant ſind und wegen

$$\frac{F_z}{F_d} = \frac{d}{z} \qquad 44.$$

ſich umgekehrt verhalten wie ihre Beanſpruchungen, ferner daſs die Querſchnitte F_z' und F_d' einander gleich, aber veränderlich ſind und von der Mitte des Balkens, wo ſie Null werden, nach ſeinen Enden hin zunehmen, wo ſie den gröſsten Wert

$$F_z' = F_d' = \frac{1}{v} \cdot \frac{g l}{2} \qquad 45.$$

erreichen. Für die Querſchnitte des quadratiſch-paraboliſchen Balkens ſind alſo in ſeiner Mitte nur die Momente, in allen übrigen, vorzugsweiſe über den Auflagern befindlichen Querſchnitten die Momente und lotrechten Schubkräfte in der Art maſsgebend, daſs der gröſsere der beiden ſich ergebenden Querſchnitte zu wählen iſt.

Die Balkenenden ſind ſo zu verbinden, daſs die gleichen, aber entgegengeſetzt und ſcherend wirkenden wagrechten Kräfte $\frac{g l^2}{8 h}$ aufgehoben werden, was man durch

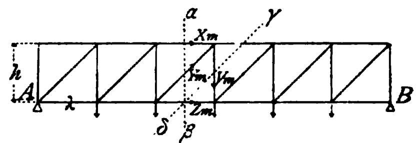
Verfatzung, Verzahnung oder Verdübelung in Verbindung mit Schrauben und Bändern erreichen kann. Die gefspreizten Träger erfordern je zwei durchgehende Balken, weshalb fie auf Spannweiten von 10 bis 12 m befchränkt find, und geftatten wegen ihrer Form bei Decken nur dann Anwendung, wenn eine wagrechte Ausgleichung von Fufsboden und Decke befonders hergeftellt wird.

c) Gitterträger.

161. Ermittelung der Spannungen.

Wo bedeutendere Laften zu übertragen und gröfsere Räume mittels Trägern zu überfpannen find, welche oben und unten eine wagrechte Begrenzung erhalten follen, find Fachwerkträger mit parallelen Gurtungen (fog. Parallelträger[83]) und recktwinkeligem Stabfyftem mit Vorteil zu verwenden. Sie erhalten zwei doppelte hölzerne Gurtungen, zwifchen welche hölzerne, gewöhnlich unter halbem rechten Winkel geneigte gekreuzte Diagonalen und hölzerne oder eiferne Vertikalen (Träger mit kombiniertem Gitterwerk[78]) nach dem Syftem *Howe* eingefchaltet find (Fig. 329 bis 331). Hierbei werden am vorteilhafteften alle die eine feitliche Uebertragung der Laften auf beide Stützpunkte bewirkenden Hauptdiagonalen, fowie die zur Ausfteifung der Felder eingefchalteten Gegendiagonalen für Druck, jene Vertikalen für Zug konftruiert.

Fig. 328.



Nimmt man an, ein folcher Gitterträger (Fig. 328), von der Höhe h und mit n gleichen Feldern von der Weite λ, fei in jedem unteren Knotenpunkte mit dem Eigengewicht p und der Verkehrslaft q befchwert (z. B. wenn Deckenbalken auf feine untere Gurtung gelegt oder an diefelbe angehängt werden), fo beträgt die gröfste Druckfpannung des beliebigen m-ten oberen Gurtungsftückes[84])

$$X_m min = -\frac{(p+q)\lambda}{2h}(m-1)(n+1-m) = -C(m-1)(n+1-m) \qquad 46.$$

und die gröfste Zugfpannung des m-ten unteren Gurtungsftückes[84])

$$Z_m min = \frac{(p+q)\lambda}{2h} m(n-m) = Cm(n-m), \quad \ldots\ldots \quad 47.$$

worin C diefelbe Konftante darftellt, welche daher bezw. mit zwei verfchiedenen veränderlichen, in den fchräg gegenüber liegenden Gurtungsftücken benachbarter Felder gleichen Produkten zu multiplizieren ift.

Die Grenzfpannungen der Diagonalen 1 bis n mit der durchweg gleichen Länge $t = \sqrt{\lambda^2 + h^2}$ find für Druck und Zug[85]) bezw.

$$Y_m min = -\frac{t}{2h}\left[p(n+1-2m) + \frac{q}{n}(n-m)(n+1-m)\right] \quad . \; . \quad 48.$$

und

$$Y_m max = \frac{t}{2h}\left[-p(n+1-2m) + \frac{q}{n} m(m-1)\right], \quad . \; . \; . \quad 49.$$

worin $\frac{tp}{2h}$ und $\frac{tq}{2nh}$ wiederum Konftante vorftellen.

Die Grenzfpannungen in den Vertikalen 0 bis $n-1$ find für Zug und Druck[85]) bezw.

---

83) Siehe Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte, Art. 374, S. 338 (2. Aufl.: Art. 166, S. 148; 3. Aufl.: Art. 167, S. 168) diefes »Handbuches«.

84) Siehe ebendaf., Art. 386, S. 351 (2. Aufl.: Art. 180, S. 163; 3. Aufl.: Art. 182, S. 183).

85) Siehe ebendaf., Art. 387, S. 351 (2. Aufl.: Art. 181, S. 164; 3. Aufl.: Art. 183, S. 184).

$$V_m max = \frac{p}{2} (n + 1 - 2m) + \frac{q}{2n} (n - m)(n + 1 - m) \quad . \quad . \quad . \quad 50.$$

und

$$V_m min = \frac{p}{n} (n + 1 - 2m) - \frac{q}{2n} m (m - 1) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 51.$$

Sind die Spannungen dieſes Trägers mit durchweg rechts ſteigenden Diagonalen, welche auf ſeiner linken Seite Druck-, auf ſeiner rechten Seite Zugſpannungen annehmen, berechnet, ſo laſſen ſich hieraus die Spannungen des Trägers mit nur gedrückten, zu ſeiner Mittellinie ſymmetriſchen Diagonalen (Hauptdiagonalen) ableiten, während man alle Diagonalen, welche Zugſpannung annehmen würden, wegläſst und durch ſolche mit entgegengeſetzter Neigung erſetzt.

Wird derſelbe Gitterträger in allen oberen Knotenpunkten belaſtet (z. B. wenn Deckenbalken auf ſeine obere Gurtung gelegt werden), ſo bleiben die Spannungen der Gurtungen und Diagonalen dieſelben und die Grenzſpannungen nur der Vertikalen von 0 bis $n - 1$ gehen in die folgenden[85]) über:

$$V_m max = \frac{p}{2} (n - 1 - 2m) + \frac{q}{2n} (n - m)(n - 1 - m) \quad . \quad . \quad . \quad 52.$$

und

$$V_m min = \frac{p}{2} (n - 1 - 2m) - \frac{q}{2n} m (m + 1) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 53.$$

In den meiſten im Hochbauweſen vorkommenden Fällen erhalten die hölzernen Gitterträger durchweg gleiche Stärken ihrer Gurtungen und Stäbe, wodurch zwar ihr Materialbedarf vermehrt, aber ihre Konſtruktion weſentlich vereinfacht wird. In dieſem Falle hat man nur die gröſsten Spannungen der Gurtungen und der Stäbe, welche bezw. in der Mitte und an den Enden dieſer Träger eintreten, zu ermitteln und hiernach ihre Querſchnitte feſtzuſtellen.

Für $m = \frac{n}{2}$ erhält man daher die abſolut gröſste Druckſpannung der oberen Gurtung

$$X_m min = -\frac{(p + q)\lambda}{2h} \left(\frac{n^2}{4} - 1\right), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 54.$$

worin 1 gegen $\frac{n^2}{4}$ vernachläſſigt werden kann, und die abſolut gröſste Zugſpannung der unteren Gurtung

$$Z_m max = \frac{(p + q)\lambda}{2h} \cdot \frac{n^2}{4} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 55.$$

Für $m = 0$ erhält man die abſolut gröſste Druckſpannung der Diagonalen

$$Y_m min = -\frac{t}{2h} (p + q)(n + 1) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 56.$$

und die abſolut gröſste Zugſpannung der Vertikalen

$$V_m max = \frac{1}{2} (p + q)(n + 1), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 57.$$

wenn der Träger unten, und

$$V_m max = \frac{1}{2} (p + q)(n - 1), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 58.$$

wenn derſelbe oben belaſtet iſt.

Bezeichnet man mit F_x und F_z, F_d und F_v bezw. die Querſchnitte der Gurtungen und Stäbe, mit z und d bezw. die gröſste zuläſſige Zug- und Druck- 162. Querſchnitts-ermittelung.

ſpannung, ſo iſt, wenn die Trägerlänge $n\lambda = l$ geſetzt wird, der erforderliche konſtante nutzbare Querſchnitt der oberen Gurtung

$$F_x = \frac{n(p+q)\,l}{8\,d\,h}\,, \qquad 59.$$

der unteren Gurtung

$$F_z = \frac{n(p+q)\,l}{8\,z\,h}\,, \qquad 60.$$

der Diagonalen

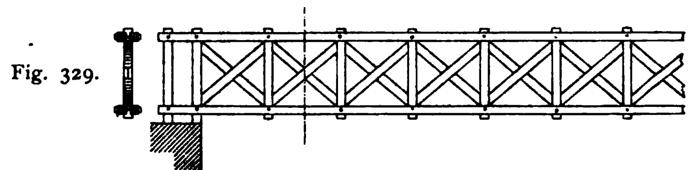
$$F_d = \frac{(n+1)\;(p+q)\,t}{2\,d\,h} \qquad 61.$$

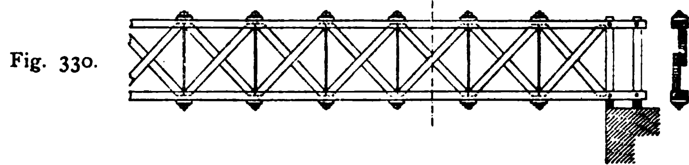
und der entweder hölzernen oder eiſernen Vertikalen bezw.

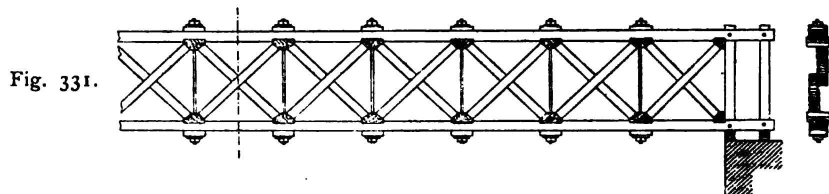
$$F_v = \frac{(n+1)\;(p+q)}{2\,z} \quad \text{oder} \quad F_v = \frac{(n-1)\;(p+q)}{2\,z}\,, \qquad 62.$$

wobei die kleinſte zuläſſige Beanſpruchung auf Zug für Holz und Schmiedeeiſen zu bezw. 100 und 1000 kg für 1 qcm angenommen werden kann.

163. Konſtruktion. Bei Anwendung hölzerner Vertikalen werden dieſelben auf beiden Seiten mit den beiden Gurtungen verblattet und oben und unten mit ihnen verbolzt, während die gekreuzten Diagonalen, die in ihren Kreuzungspunkten verblattet und genagelt werden, durch Zapfen ohne oder mit Verſatzung mit ihnen verbunden ſind (Fig. 329). Bei Anwendung eiſerner, mit Kopf und Mutter verſehener Vertikalen werden dieſelben durch kurze hölzerne, von auſsen quer über und unter die Gurtungen gelegte Sattelſtücke geſteckt, die Diagonalen mittels Zapfen zwiſchen die Gurtungen eingeſchaltet und dieſe ſämtlichen Teile durch Anziehen der erwähnten Muttern feſt zuſammengepreſst (Fig. 330).


Fig. 329.


Fig. 330.


Fig. 331.

Bei Gitterträgern für gröſsere Spannweiten mit bedeutenderen Belaſtungen ſchaltet man zwiſchen die Enden entgegengeſetzt geneigter Diagonalen beſondere Spannklötze ein, gegen welche ſich die letzteren ſtemmen und welche von den Hängeeiſen durchſetzt werden (Fig. 331).

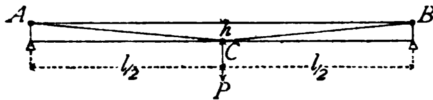
d) Armierte Balken.

Die Tragfähigkeit von Balken, welche für ſich zu ſchwach ſind, um eine gegebene Laſt zu tragen, kann durch Verbindung derſelben mit Hängewerken (Fig. 333 u. 335) oder Sprengwerken (Fig. 336) erhöht werden, wobei dieſe Hilfskonſtruktionen für kleinere und gröſsere Spannweiten bezw. einfach und doppelt angewendet werden.

1) Hängewerkbalken.

Ist ein Balken von der Länge l, Breite b und Höhe h (Fig. 332) verfügbar, so ist derselbe bei seiner gröfsten zulässigen Beanspruchung d im stande, von der gröfsten, in seiner Mitte wirkenden Last P den Anteil 164. Einfache Hängewerkbalken.

Fig. 332.



$$\alpha P = \frac{2}{3} \frac{d b h^2}{l} \quad . \quad . \quad . \quad 63.$$

zu tragen, woraus α zu bestimmen ist. Um den Rest $P(1 - \alpha)$ der Last übertragen zu können, müssen die Zugstangen auf jeder Seite bei einer gröfsten zulässigen Beanspruchung z den nutzbaren Querschnitt

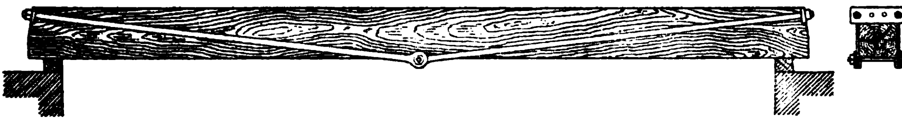
$$F = \frac{P(1-\alpha)}{2z} \cdot \frac{\sqrt{4h^2 + l^2}}{2h} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 64.$$

erhalten, wovon bei je zwei Zugstangen auf jede die Hälfte kommt. Werden dieselben, wie gewöhnlich, aus Rundeisen hergestellt und an den äufseren Enden mit Gewinden von 0,2 Tiefe des äufseren Durchmessers versehen, so beträgt ihr äufserer Durchmesser

$$D = \frac{2}{1 - 0{,}4} \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 1{,}88 \sqrt{F} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 65.$$

Die Gewinde werden gewöhnlich durch eiserne, zur Zugstangenachse senkrechte Querplatten gesteckt, mit Unterlagsplatten versehen und dann mittels starker Muttern angezogen, während die unteren Enden der Zugstangen Oesen erhalten, durch welche

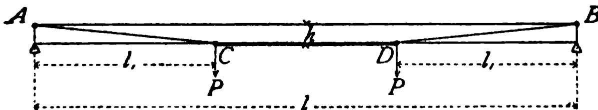
Fig. 333.



ein eiserner, den hölzernen Balken unterstützender Querbolzen gesteckt und durch Splinte oder Schrauben festgehalten wird (Fig. 333).

Ist ein Balken von den zuvor angegebenen Abmessungen verfügbar und in den Entfernungen l_1 von seinen beiden Enden mit den gleichen Einzellasten P beschwert (Fig. 334), so kann er von jeder derselben den Anteil 165. Doppelte Hängewerkbalken.

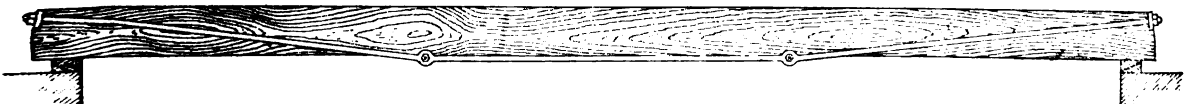
Fig. 334.



$$\alpha P = \frac{1}{6} \frac{d b h^2}{l_1} \quad . \quad 66.$$

tragen, woraus α zu bestimmen ist. Um den Rest $P(1 - \alpha)$ dieser Last übertragen zu können, müssen die geneigten und wagrechten Teile der Zugstangen bezw. einen nutzbaren Gesamtquerschnitt

Fig. 335.



$$F = \frac{P(1-\alpha)}{z} \frac{\sqrt{h^2 + l_1^2}}{h} \quad \text{und} \quad F_1 = \frac{P(1-\alpha)}{z} \cdot \frac{l_1}{h} \quad . \quad . \quad . \quad 67.$$

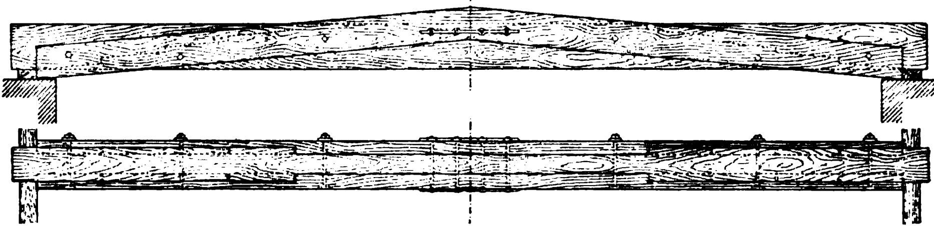
erhalten, woraus ihr äufserer Durchmeffer wie vorher zu beftimmen ift. Die Konftruktion ift derjenigen der einfachen Hängewerkbalken gleich (Fig. 335).

2) Sprengwerkbalken.

166. Einfache Sprengwerkbalken.

Einfache Sprengwerkbalken (Fig. 336) beftehen aufser dem Hauptbalken aus je zwei zu beiden Seiten angebrachten, geneigten hölzernen Streben, welche durch Schraubenbolzen mit jenem verbunden werden. Um das Ineinanderpreffen der Streben an den fich berührenden Hirnenden zu vermeiden, legt man hinreichend grofse

Fig. 336.



Zink-, Kupfer- oder Eifenplättchen ein. Die ftatifche Berechnung ift derjenigen der einfachen Hängewerkbalken gleich; nur ift in die Gleichung 63 für F der Wert d ftatt z einzuführen und auf Holz zu beziehen.

167. Doppelte Sprengwerkbalken.

Doppelte Sprengwerkbalken unterfcheiden fich von den einfachen nur durch wagrechte zwifchen die Streben eingefchaltete Spannriegel, werden jedoch ebenfo konftruiert und mit denfelben Abänderungen wie die doppelten Hängewerkbalken berechnet.

---

4. Kapitel.

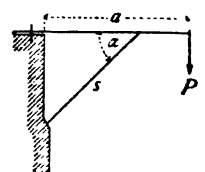
Balkenverbände.

a) Winkelbänder.

168. Berechnung.

Ift ein wagrechter, am einen Ende feftgehaltener, am anderen Ende frei fchwebender Balken (Fig. 337) von der Länge a für fich zu fchwach, um eine an feinem freien Ende wirkende Laft P zu tragen, fo wird derfelbe am einfachften durch ein Winkelband, auch Kopfband, Bug oder Büge genannt, unterftützt. Bezeichnet α den Winkel, welchen das Winkelband von der Länge s mit der Wagrechten einfchliefst, fo ift, wenn von der Biegungsfeftigkeit des wagrechten Balkens abgefehen wird, der längs des Winkelbandes wirkende Druck

Fig. 337.



$$S = P \frac{a}{s \cos \alpha \sin \alpha} = P \frac{2a}{s \sin 2\alpha} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 68.$$

und der längs des wagrechten Balkens wirkende Zug

$$H = S \cos \alpha = P \frac{a}{s \sin \alpha} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 69.$$

Der Druck S wird unter übrigens gleichen Umſtänden am kleinſten, wenn $\sin 2\alpha = 1$, alſo wenn das Winkelband unter einem Winkel $\alpha = 45$ Grad angebracht wird. Wirkt die Laſt P unmittelbar am Kopfe des Winkelbandes, ſo wird $a = s \cos \alpha$ und, wenn dieſer Wert in Gleichung 68 u. 69 eingeführt wird, der Längsdruck und der wagrechte Zug bezw.

$$S = \frac{P}{\sin \alpha} \quad \text{und} \quad H = \frac{P}{\operatorname{tg} \alpha} \qquad 70.$$

Wenn nunmehr mit β die gröſsere, mit δ die kleinere Querſchnittsabmeſſung eines an den Enden eingezapften, etwas drehbaren Winkelbandes (Fig. 338), mit E die Elaſtizitätsziffer und mit C ſein Sicherheitskoeffizient, der bei Holz etwa zu $\frac{1}{10}$ anzunehmen iſt, bezeichnet wird, ſo iſt der Widerſtand eines auf ſeitliches Ausbiegen (Knicken) beanſpruchten Winkelbandes

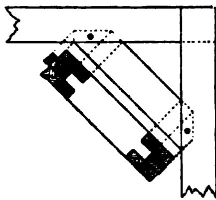


Fig. 338.

$$W = \frac{C\pi^2 E}{12} \cdot \frac{\beta\delta^3}{s^2} \qquad 71.$$

Durch Gleichſetzen der Werte 68 und 71 erhält man die Gleichung

$$\beta\delta^3 = \frac{24 s a}{C\pi^2 E \sin 2\alpha} P, \qquad 72.$$

woraus eine der erforderlichen Abmeſſungen β oder δ ermittelt werden kann.

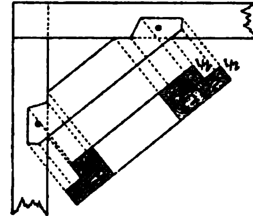


Fig. 339.

Wird das Winkelband an den Enden durch Anblattung feſtgehalten (Fig. 339), ſo iſt in Gleichung 72: $4\pi^2$ ſtatt π^2 zu ſetzen, mithin eine jener beiden Abmeſſungen aus der Gleichung

$$\beta\delta^3 = \frac{6 s a}{C\pi^2 E \sin 2\alpha} P \qquad 73.$$

zu ermitteln. Werden hierin $C = \frac{1}{10}$, $\pi = 3{,}14$ und $E = 120\,000$ geſetzt, ſo ergibt ſich

$$\beta\delta^3 = 0{,}00005 \frac{s a}{\sin 2\alpha} P \qquad 74.$$

Gleich groſse Gefahr gegen ſeitliches Ausbiegen in der Richtung beider Querſchnittsabmeſſungen des Winkelbandes entſteht, wenn $\beta = \delta$, in welchem Falle in den beiden letzten Gleichungen δ^4 ſtatt $\beta\delta^3$ zu ſetzen iſt, alſo nur δ zu beſtimmen bleibt.

169. Konſtruktion.

Das eingezapfte Winkelband (Fig. 338) wird oben mit einem Schrägzapfen, der zuerſt eingeſetzt wird, unten mit einem ſog. Jagdzapfen verſehen, welcher unten nach einem Kreisbogen abgerundet iſt und mit dem Hammer eingetrieben oder »eingejagt« wird. Zuletzt erfolgt die Befeſtigung mit je zwei Holznägeln.

Das angeblattete Winkelband (Fig. 339) erhält zwei ſchräge Blätter, welche ſeine halbe Stärke zur Dicke haben, im übrigen nur ſchräge Stöſse. Die Schrägblätter verhindern hierbei eine Vergröſserung, die Stöſse eine Verkleinerung der beiden Winkel, welche der wagrechte Balken und der lotrechte Pfoſten mit dem Winkelband einſchlieſsen.

b) Sprengwerke.

Iſt ein an beiden Enden frei aufliegender Balken zu ſchwach, um die ihm zufallende Laſt zu tragen, und wird er deshalb an einer, an zwei oder an mehreren Stellen durch Streben unterſtützt, ſo entſteht das einfache (Fig. 341), das zweifache (Fig. 354 u. 356) und das mehrfache Sprengwerk.

170. Einfaches Sprengwerk. Wirkt in der Mitte des wagrechten Balkens von der Länge l die Laft P, fo hat jede Strebe von der Länge s hiervon die Hälfte zu übertragen, und es ergibt fich mit Bezug auf die Bezeichnungen in Fig. 340 der längs der Strebe wirkende Druck

$$S = \frac{P}{2} \cdot \frac{s}{2} = \frac{P}{2} \cdot \frac{l}{2\,h \cos\alpha}, \quad . \quad . \quad 75.$$

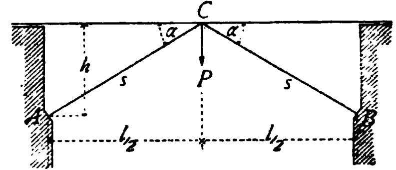


Fig. 340.

welcher fich in den am Fufse der Strebe wirkenden lotrechten Druck $\frac{P}{2}$ und den wagrechten Druck

$$H = \frac{P}{2} \cdot \frac{l}{2h} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 76.$$

zerlegt, welche beiden letzteren Drücke von lotrechten Pfoften oder von Widerlagern aufzunehmen find. Die Stärke der Streben ergibt fich aus Gleichung 75 u. 71 zu

$$\beta\,\delta^3 = \frac{6}{C\pi^2 E} \cdot \frac{s^3}{h} P = \frac{l^3}{4\,C\pi^2 E} \cdot \frac{l^3}{h \cos^3\alpha} P \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 77.$$

Werden hierin wieder $C = \frac{1}{10}$, $\pi = 3{,}14$ und $E = 120000$ gefetzt, fo ergibt fich

$$\beta\,\delta^3 = 0{,}0000063 \, \frac{l^3}{h \cos^3\alpha} P \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 78.$$

Diefer Querfchnitt wird, wie beim Winkelverband, zum Minimum, wenn derfelbe unter übrigens gleichen Umftänden quadratifch angenommen und wenn jede Strebe unter einem Winkel $\alpha = 45$ Grad geneigt wird.

Bezeichnen p und q bezw. die Eigengewichts- und die gröfste Nutzbelaftung der Längeneinheit des durchgehenden wagrechten Balkens, fo ift feine Gefamtbelaftung $G = (p + q)\,l$, wovon je $\frac{3}{16}\,G = \frac{3}{16}\,(p + q)\,l$ auf die Mauerfchwellen übertragen werden, während der Reft die gröfste Belaftung $P = \frac{10}{16}\,G = \frac{10}{16}\,(p + q)\,l$ der Streben darftellt.

Die Verbindung der Streben mit dem Balken gefchieht entweder durch ftumpfen Stofs und fchräge Verzapfung mit dem Balken (Fig. 341) oder mittels eines Unterzuges, in welchen die Streben ebenfalls mittels kurzer Zapfen eingreifen (Fig. 342), oder mittels eines gufseifernen Schuhes (Fig. 343), welcher durch Bolzen mit dem Balken verbunden und mit Stehplatte nebft Wangenftücken verfehen ift, um die Köpfe der Streben gegen das Ineinanderpreffen und gegen ein feitliches Ausweichen zu fchützen.

Die Verbindung der Streben mit den Widerlagern gefchieht in verfchiedener Weife. Beftehen die Widerlager aus Mauerwerk, fo wird die Strebe entweder unmittelbar in das Mauerwerk eingefetzt (Fig. 344) oder mittels eines gufseifernen Schuhes (Fig. 345 u. 349) unterftützt, welcher Wafferabflufs und Luftzutritt geftattet, alfo die Trockenheit und Dauer der Strebe befördert. Befteht das Mauerwerk aus Quadern oder wird es mit Quadern verblendet, fo läfst man den Fufs der Strebe in einen befonderen, nicht zu kleinen Quader ein (Fig. 346); befteht dagegen das Mauerwerk aus kleinen Bruchfteinen oder Ziegeln, fo legt man eine befondere hölzerne Schwelle ein, welche den Druck der Strebe auf eine gröfsere Mauerfläche verteilt (Fig. 347).

Fig. 341.

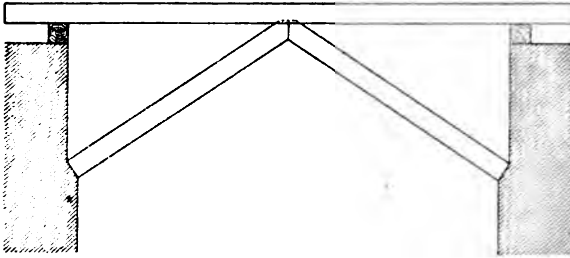


Fig. 342.

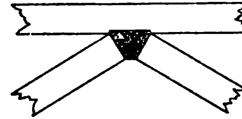


Fig. 343.

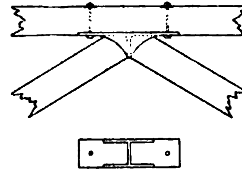


Fig. 344.

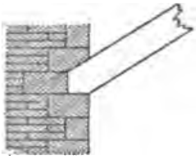


Fig. 345.

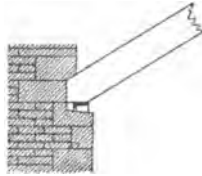


Fig. 346.

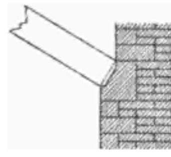


Fig. 347.

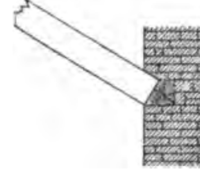


Fig. 348.

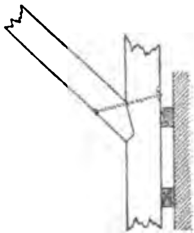


Fig. 349.



Fig. 350.

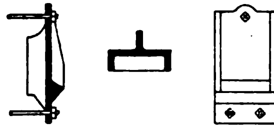


Fig. 351.

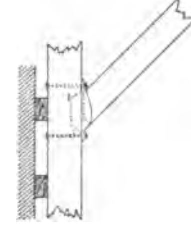
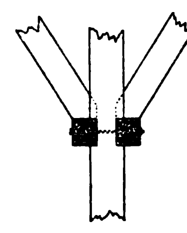
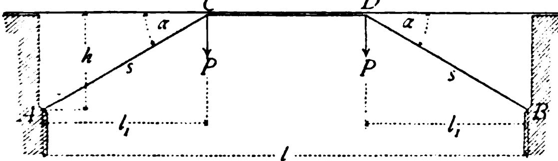


Fig. 352.



Stemmen fich die Streben gegen hölzerne Pfoften, fo werden fie mit den letzteren entweder durch Verfatzungen und Schrauben (Fig. 348) oder durch gufseiferne Schuhe (Fig. 351), welche in Fig. 350 befonders dargeftellt find, oder durch Gurthölzer (Fig. 352) verbunden, welche mit den Pfoften verfchraubt werden.

Fig. 353.



Wirken in den Punkten C und D des fog. doppelten Sprengwerkes (Fig. 353), mit den Abftänden l_1 von den Stützen A und B, die Laften P und find diefe von den Streben $A\,C$ und $B\,D$ zu unterftützen, fo erfährt jede Strebe von 171. Zweifaches Sprengwerk.

der Länge $s = \sqrt{l_1^2 + h^2} = \frac{l_1}{\cos \alpha}$ den Längsdruck

$$S = P \frac{s}{h} = P \frac{l_1}{h \cos \alpha} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 79.$$

Diefer fcheidet am Kopfe und Fufse jeder Strebe als wagrechte Seitenkraft den Druck

$$H = P \frac{l_1}{h} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 80.$$

aus, welcher oben vom Balken oder von einem befonderen Spannriegel, unten vom Widerlager aufzunehmen ift. Durch Verbindung von Gleichung 71 u. 79 ergibt fich der Querfchnitt aus

$$\beta \, \delta^3 = \frac{12}{C \pi^2 E} \cdot \frac{s^3}{h} P = \frac{12}{C \pi^2 E} \cdot \frac{l_1^3}{h \cos^3 \alpha} P \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 81.$$

und, wenn diefelben Zahlenwerte wie früher eingeführt werden, aus

$$\beta \, \delta^3 = 0{,}0000126 \, \frac{l_1^3}{h \cos^3 \alpha} P \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 82.$$

Für die Beftimmung des Querfchnittes des Spannriegels mit der Breite β_1 und der Dicke δ_1 als der kleineren Abmeffung erhält man aus Gleichung 71 u. 80 die Gleichung

$$\beta_1 \, \delta_1^3 = \frac{12}{C \pi^2 E} \cdot \frac{l_1^3}{h \cos^2 \alpha} P \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 83.$$

und, wenn wieder diefelben Zahlenwerte eingeführt werden,

$$\beta_1 \, \delta_1^3 = 0{,}0000126 \, \frac{l_1^3}{h \cos^2 \alpha} P \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 84.$$

Wird der Spannriegel mit dem Balken feft verbunden, fo läfst fich in obiger Gleichung $4\pi^2$ ftatt π^2 fetzen, und man erhält den Zahlenkoeffizienten 0,0000031.

Behalten p und q die frühere Bedeutung, fo ergibt fich wieder die Gefamtbelaftung des wagrechten Balkens $G = (p+q) \, l$. Nimmt man $l_1 = \frac{l}{3}$ an, fo werden hiervon je $\frac{4}{30} G = \frac{4}{30} (p+q) \, l$ auf die Mauerfchwellen und je $\frac{11}{30} G = \frac{11}{30} (p+q) \, l = P$ auf die Köpfe C und D der Streben übertragen, wodurch zugleich die gröfste Belaftung der Streben dargeftellt wird.

Die Verbindung der Streben mit dem Balken wird entweder unmittelbar, teils mittels Verfatzung und Schrauben (Fig. 355), teils mittels gufseiferner Schuhe

Fig. 354.

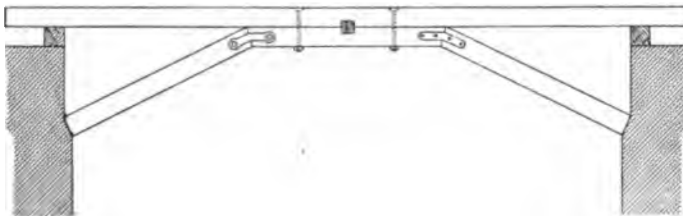


Fig. 355.

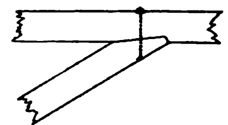


Fig. 356.

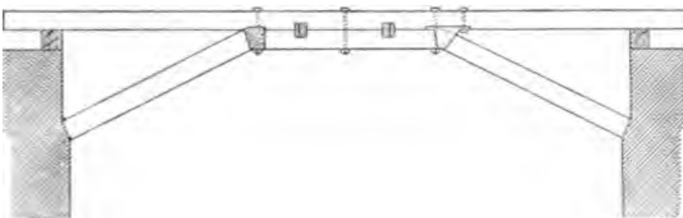
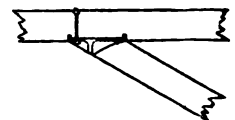


Fig. 357.



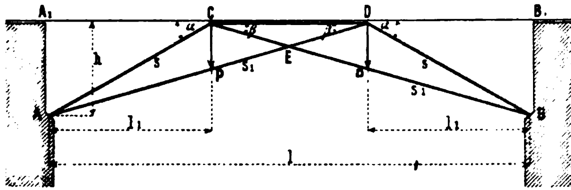
(Fig. 357), oder mittelbar bewirkt, indem man zwifchen die Streben einen Spannriegel (Fig. 354 u. 356) einfchaltet. Die Streben werden mit diefem Spannriegel entweder durch ftumpfen Stofs nebft fchmiedeeifernen Winkelbändern (Fig. 354) oder

mittels eines Unterzuges (Fig. 356 links) oder mittels eines gusseisernen Schuhes (Fig. 356 rechts) verbunden. In den Unterzug, welcher an den Balken geschraubt wird, werden Streben und Spannriegel mittels kurzer Zapfen eingesetzt, während der gusseiserne Schuh an den Balken und Spannriegel geschraubt wird, im übrigen aber ähnlich wie der beim einfachen Sprengwerk beschriebene angeordnet ist. Damit Balken und Spannriegel möglichst zusammenwirken, werden beide mittels Dübel und Schrauben (Fig. 354 u. 356) verbunden.

Die Verbindung der Streben mit den Widerlagern entspricht derjenigen des einfachen Sprengwerkes.

Wenn die Belastungen an den Punkten C und D des doppelten Sprengwerkes verschieden sind, so wirken dieselben auf eine Verschiebung des Paralleltrapezes $ACDB$. In diesem Falle ist das vom Verfasser konstruierte »versteifte doppelte Sprengwerk« (Fig. 359 u. 360) vorzuziehen, bei welchem die Balken an den Punkten C und D durch je zwei Streben, wovon die längeren sich kreuzen, unterstützt werden.

Fig. 358.



Bezeichnen P und Q die bezw. in den Punkten C und D (Fig. 358) wirkenden verschiedenen Belastungen, so ist mit Bezug auf die Bezeichnungen in dieser Abbildung die Achsenspannung in der Strebe AC

$$S = -P \frac{\cos\beta}{\sin(\alpha+\beta)} = -P \frac{(l-l_1)\,s}{h\,l}, \quad \ldots \ldots \quad 85.$$

in der Strebe CB

$$S_2 = -P \frac{\cos\alpha}{\sin(\alpha+\beta)} = -P \frac{l_1\,s_1}{h\,l}, \quad \ldots \ldots \quad 86.$$

in der Strebe BD

$$S = -Q \frac{\cos\beta}{\sin(\alpha+\beta)} = -Q \frac{(l-l_1)\,s}{h\,l} \quad \ldots \ldots \quad 87.$$

und in der Strebe AD

$$S_1 = -Q \frac{\cos\alpha}{\sin(\alpha+\beta)} = -Q \frac{l_1\,s_1}{h\,l} \quad \ldots \ldots \quad 88.$$

Im Stützpunkt A ist der lotrechte Druck

$$V = \frac{P\sin\alpha\,.\,\cos\beta + Q\cos\alpha\,.\,\sin\beta}{\sin(\alpha+\beta)} = \frac{P(l-l_1)+Q\,l_1}{l} \quad \ldots \quad 89.$$

und der wagrechte Druck

$$H = P + Q\,\frac{\cos\alpha\,.\,\cos\beta}{\sin(\alpha+\beta)} = (P+Q)\,\frac{l_1\,(l-l_1)}{h\,l} \quad \ldots \quad 90.$$

Hieraus folgt der Schrägdruck

$$R = \sqrt{V^2 + H^2} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 91.$$

und sein Neigungsverhältnis

$$tg\,\gamma = \frac{V}{H} = \frac{\sin(\alpha+\beta)}{2\cos\alpha\,.\,\cos\beta} = \frac{h}{l_1}\cdot\frac{P(l-l_1)+Q\,l_1}{(P+Q)\,l} \quad \ldots \quad 92.$$

In konstruktiver Beziehung ist zu bemerken, dass die längeren Streben an ihrem Kreuzungspunkte derart halb zu überblatten und zu verbolzen sind, dass die Achsen-

fpannung fich in jeder derfelben ungehindert fortpflanzen kann, ohne in der anderen Biegungsfpannungen zu erzeugen. Da eine feitliche Ausbiegung diefer Streben bei folcher Verbindungsweife nicht eintreten kann, fo ift der bei der Verblattung übrigbleibende Teil des Querfchnittes einer Strebe nur fo ftark zu nehmen, dafs er den gröfsten Achfendruck mit Sicherheit aufnehmen kann. Die Balken $A_1 B_1$ find in den Punkten C und D zu ftofsen und durch lotrechte Schlitzzapfen mit wagrechten Bolzen zu verbinden, um welchen letzteren ihre Enden eine kleine Drehung in der lotrechten Ebene ausführen können. Die drei Teile $A_1 C$, CD und $D B_1$ diefer Balken wirken daher je als Balken auf zwei Stützen und gewähren den Vorteil, die Hauptbalken aus kürzeren Balkenftücken zufammenfetzen zu können. Bei geringeren Spannweiten genügt die Anordnung in Fig. 359; bei gröfseren Spannweiten empfiehlt fich die Anordnung von Hängezangen zur Verfteifung der Streben in Fig. 360. Beide Anordnungen eignen fich befonders auch zur künftlerifchen Ausbildung weitgefpannter Decken mit fichtbarer Holzkonftruktion.

Fig. 359.

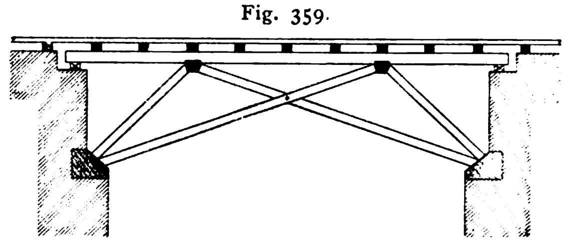
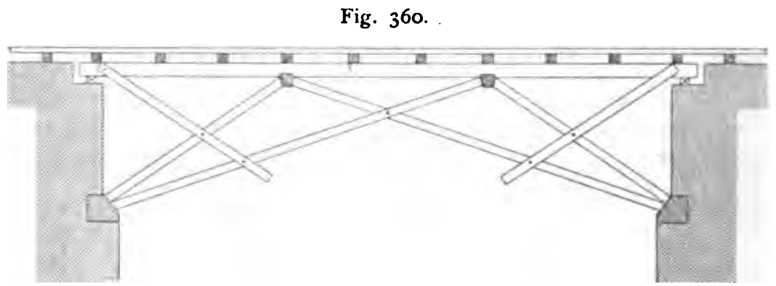


Fig. 360.



Die Verbindungen der Streben mit den Unterzügen bei C und D find denjenigen der einfachen Sprengwerke, die Unterftützungen der Streben bei A und B durch Mauerbalken denjenigen der einfachen und doppelten Sprengwerke ähnlich anzuordnen.

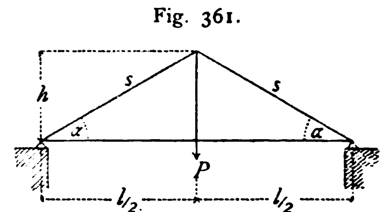
c) Hängewerke.

172. Einfaches Hängewerk.

Ift ein an beiden Enden frei aufruhender Balken zu fchwach, um die ihm zufallende Laft zu tragen, und wird er deshalb an einer, an zwei oder mehreren Stellen durch Hängefäulen und Streben unterftützt, fo entfteht das einfache (Fig. 363 u. 366), das zweifache (Fig. 375) und das mehrfache Hängewerk. Das Hängewerk ift fomit als ein Sprengwerk mit einer, zwei oder mehreren Hängefäulen anzufehen.

Der Grundgedanke des einfachen Hängewerkes oder des fog. einfachen Hängebockes wird durch Fig. 361 veranfchaulicht.

Fig. 361.



Wirkt in der Mitte des wagrechten Balkens die Laft P, fo ift diefelbe durch die Hängefäule auf die beiden Streben zu übertragen, mithin ihre parallel zur Achfe wirkende Zugfpannung

$$V = P, \qquad 93.$$

welche in ähnlicher Weife, wie beim einfachen Sprengwerk, berechnet werden kann. Am oberen Ende der Hängefäule zerlegt fich diefe Spannung in der Richtung der beiden Streben und erzeugt in ihnen denfelben, durch Gleichung 75 dargeftellten Längsdruck, wie beim einfachen Sprengwerk, während der Balken eine Achfenzugfpannung erfährt, welche dem durch Gleichung 76 dargeftellten Seitendruck H numerifch gleich ift. Der Balken mufs diefe Zugfpannung aufheben; das Hängewerk erzeugt alfo einen Seitendruck, wie das Sprengwerk, nicht, fondern übt, wie der Balken, einen nur lotrechten Druck auf feine Unterlagen aus. Dagegen mufs der Balken fo lang fein, dafs das Abfcheren durch die Streben vermieden wird.

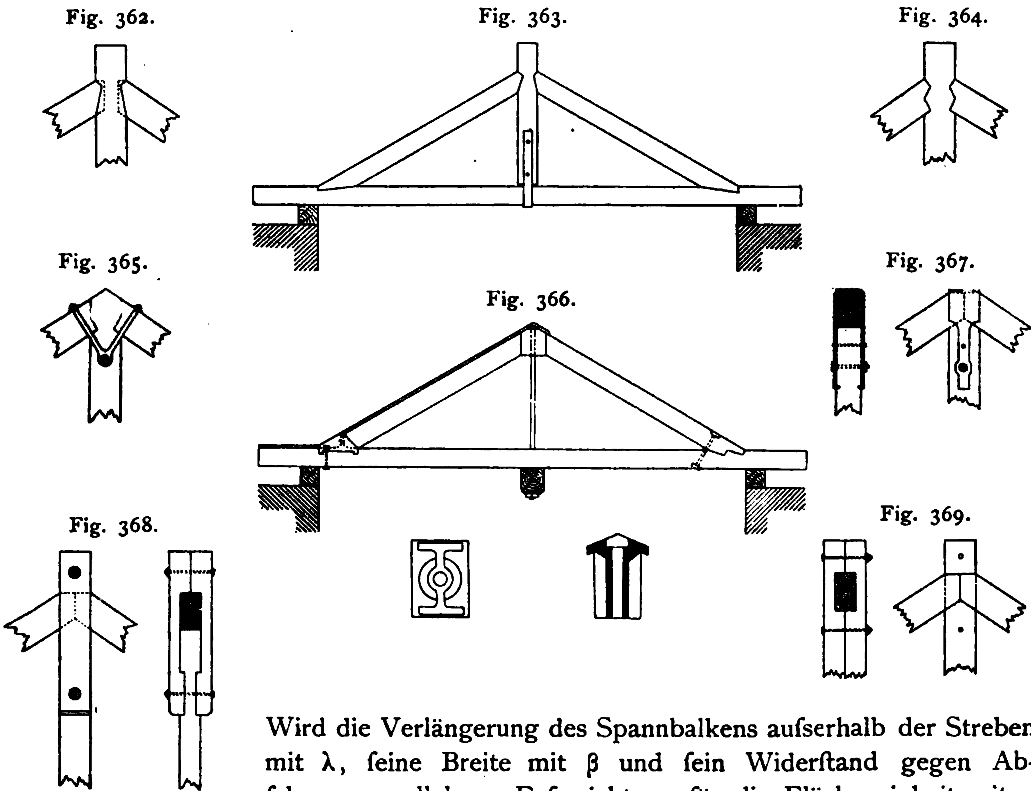


Fig. 362. Fig. 363. Fig. 364. Fig. 365. Fig. 366. Fig. 367. Fig. 368. Fig. 369.

Wird die Verlängerung des Spannbalkens aufserhalb der Streben mit λ, feine Breite mit β und fein Widerftand gegen Abfcheren parallel zur Faferrichtung für die Flächeneinheit mit v bezeichnet, fo ergibt fich die für eine Verfatzung erforderliche Verlängerung

$$\lambda = \frac{H}{v\beta}, \quad \ldots \ldots \quad 94.$$

worin für das Quadr.-Centimeter Nadel- und Eichenholz bezw. $v = 6^{\text{kg}}$ und 8^{kg} gefetzt werden kann.

Das einfache Hängewerk enthält entweder Hängefäulen mit fchmiedeeifernen Bändern, welche den Spannbalken tragen (Fig. 363), oder Hängeftangen, welche den Spannbalken oder diefen nebft einem Unterzug durchfetzen (Fig. 366), und dann meift gufseiferne Verbindungsteile am Kopf und Fufs der Streben.

Die Verbindung der Streben mit dem Balken wird teils durch einfache (Fig. 363) oder doppelte Verfatzung (ohne oder mit Zapfen) und Schrauben (Fig. 366 rechts), teils durch eiferne, mit dem Spannbalken verfchraubte Schuhe (Fig. 366 links) bewirkt. Diefe Schuhe werden mit zwei oder mehreren, in den Spannbalken

eingreifenden Krampen verfehen, um auf dem Spannbalken nicht durch den Seitendruck der Streben verfchoben zu werden. Sobald der Winkel, unter welchem die Streben zum Spannbalken geneigt find, 30 Grad überfchreitet, find die Schrauben, welche in Verbindung mit der einfachen oder doppelten Verfatzung angewendet werden und das Ausfpringen der Streben aus ihren Sitzen verhindern follen, nicht mehr unbedingt erforderlich.

Die Verbindung der Streben mit der Hängefäule wird teils durch einfache (Fig. 363), teils durch doppelte Verfatzung (Fig. 364) ohne oder mit Zapfen (Fig. 362) bewirkt, in welchen Fällen die Hängefäule oben fo weit über die Verbindungsftelle hinaus verlängert werden mufs, dafs das Abfcheren derfelben durch die lotrechte Kraft *V* vermieden wird. Wo eine folche Verlängerung nicht ftatthaft ift, werden die Hängefäulen mittels fchmiedeeiferner Winkelbänder (Fig. 365) oder mittels fchmiedeeiferner Hängebänder (Fig. 364) mit den Streben verbunden. Bei Anwendung doppelter Hängefäulen, welche oben genügend verlängert und zufammengefchraubt find, laffen fich die Streben ftumpf ftofsen (Fig. 369). Diefelbe Verbindung der Streben läfst fich auch anwenden, wenn zwei hölzerne, nach oben verlängerte und unter fich verfchraubte Lafchen angewendet und mit der Hängefäule durch Verfchränkung verbunden werden (Fig. 368).

Die Verbindung der Streben mit der Hängeftange erfolgt durch Vermittelung eines gufseifernen Zwifchenftückes, welches aus einer lotrechten, in der Mitte ver-

Fig. 370.

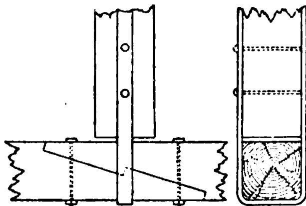


Fig. 371.

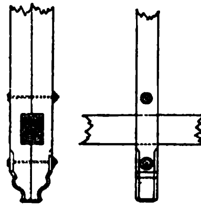
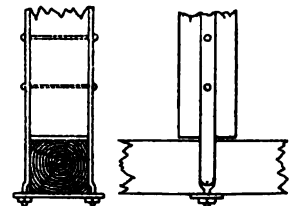


Fig. 372.



dickten und durchlochten Platte befteht (Fig. 366), gegen welche fich die Streben ftemmen und durch welche die Hängeftange gefteckt wird, während oben eine Vertiefung den Schraubenkopf der Hängeftange aufnimmt und zwei Backenftücke das feitliche Ausweichen der Streben verhindern (Fig. 366 unten).

Die Verbindung der Hängefäule mit dem Balken wird meift entweder durch fchmiedeeiferne Bänder (Fig. 370), welche den Balken umfchliefsen und an die Hängefäule angebolzt find, oder durch Hängeeifen (Fig. 371) bewirkt, welche unten mit Schrauben verfehen find und eine Querplatte aufnehmen, worauf der Spannbalken ruht. Mufs der Spannbalken geftofsen werden, fo kann dies durch ein fchräges Hakenblatt (Fig. 373) gefchehen. Werden doppelte Hängefäulen angewendet, welche durch Schrauben verbunden werden (Fig. 371), fo fchneidet man erftere aus und läfst fie den Balken umfaffen.

173. Zweifaches Hängewerk.

Das zweifache Hängewerk oder der fog. doppelte Hängebock ift in Fig. 373 in einfachen Linien dargeftellt. Wirken in den Punkten *D* und *J* mit den Abftänden l_1 von den Stützen *A* und *B* die Laften *P*, *P*, welche in ähnlicher Weife, wie beim doppelten Sprengwerk zu berechnen find, fo find diefelben durch die beiden Hängefäulen, welche die Zugfpannung *P* erfahren, auf die Streben und auf den zwifchen ihnen eingefchalteten Spannriegel zu übertragen; diefelben erfahren

dadurch bezw. die durch Gleichung 79 u. 80 gegebene Druckſpannung, während gleichzeitig der Balken durch die von den Streben erzeugten wagrechten Kräfte in Gleichung 80 gezogen wird und dieſelben zu vernichten hat. Auch das zweifache Hängewerk übt daher einen nur lotrechten Druck auf ſeine Auflager aus. Dagegen muſs der Spannbalken auch hier auf jeder Seite um die durch Gleichung 94 gegebene Abmeſſung länger, als die Stützweite l ſein, damit das Abſcheren desſelben nicht ſtattfindet.

Fig. 373.

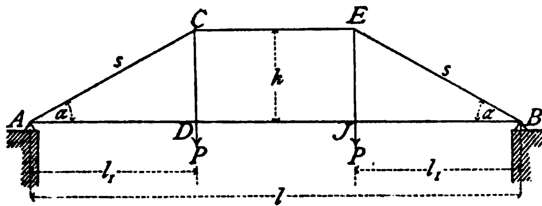
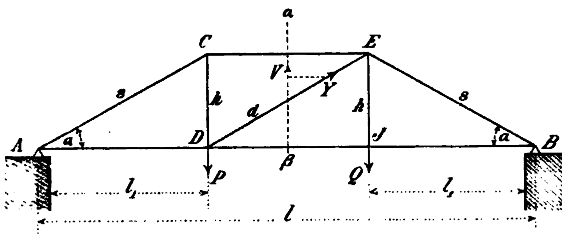


Fig. 374.



Solange das doppelte Hängewerk in den Punkten D und J (Fig. 374) gleich belaſtet wird, iſt eine Verſteifung des rechteckigen Feldes $CDEJ$ ſtatiſch nicht erforderlich. Haben aber die Punkte D und J bezw. die Laſt P und Q zu tragen (Fig. 374), wovon Q die gröſsere iſt, ſo bedarf jenes Feld einer Ausſteifung durch die Diagonale DE mit der Länge d und der Druckſpannung

$$Y = \frac{d}{h} V = -\frac{d\,l_1}{h\,l}(Q-P), \quad \ldots \ldots \quad 95.$$

welche für $Q = \frac{11}{60}(p+q)\,l$ und $P = \frac{11}{60}\,p\,l$ ihren Höchſtwert erreicht.

Für $l_1 = \frac{l}{3}$ wird

$$Y = -\frac{d}{3h}(Q-P) \quad \ldots \ldots \quad 96.$$

Wechſeln die Belaſtungen P und Q der Punkte D und J, ſo erfordert dieſer Belaſtungszuſtand eine Diagonale CJ mit derſelben gröſsten Beanſpruchung auf Druck. Können beide Belaſtungszuſtände nacheinander eintreten, dann ſind zwei Diagonalen DE und CJ einzuſchalten, um in beiden Fällen das Verſchieben des Rechteckes $CDEJ$ zu verhindern.

Das zweifache Hängewerk erhält entweder zwei Hängeſäulen mit ſchmiedeeiſernen Bändern (Fig. 375) oder ſchmiedeeiſerne Hängeſtangen, die den Spannbalken tragen und den beim einfachen Hängewerk beſchriebenen ähnliche Anordnungen erfordern. Insbeſondere ſind die Verbindungen der Hängeſäulen und der Streben mit dem Spannbalken den bezw. in Fig. 370 bis 372, in Fig. 363 und in Fig. 366 links und rechts dargeſtellten entſprechend. Dagegen erfordert die Verbindung der Hängeſäule mit den Streben und dem Spannriegel eine etwas abweichende Anordnung. Entweder läſst man Streben und Spannriegel mittels Zapfen und Verſatzung in die Hängeſäule eingreifen, in welchem Falle die Hängeſäule nach oben ſo weit zu verlängern iſt, daſs das Abſcheren durch die Kraft P nicht erfolgen kann (Fig. 376), oder man ſetzt, wo eine ſolche Verlängerung der Hängeſäule nicht ſtatthaft iſt, Strebe und

Spannriegel mit Verfatzung in diefelbe ein und verbindet fie durch je zwei dreiarmige Bänder, welche man mittels je dreier durchgehender Schrauben befeftigt

Fig. 375.

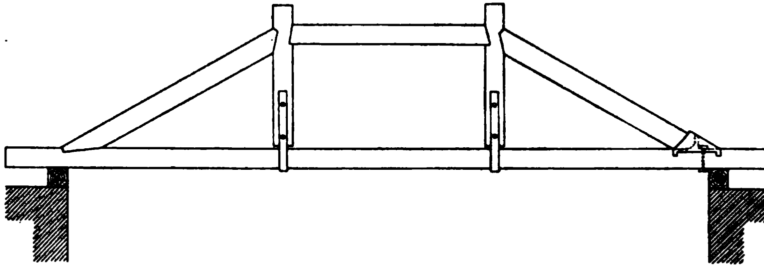


Fig. 376.

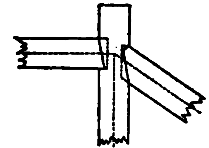
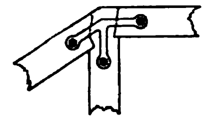


Fig. 377.



(Fig. 377). Wo gekreuzte Diagonalen erforderlich werden, verzapft man diefelben oben mit den Hängefäulen, unten mit den Hängefäulen oder Hauptbalken und überblattet fie am Kreuzungspunkte, wo man fie noch mit einer Schraube verbindet.

d) Hängefprengwerke.

174. Grundgedanke und Konftruktion.

Erfordert ein Balken Unterftützung in 3 oder 4 Zwifchenpunkten, fo läfst fich hierzu eine Verbindung von Sprengwerk und Hängewerk, und zwar bezw. das einfache und das doppelte Hängefprengwerk (Fig. 378 u. 379) anwenden.

Wird beim einfachen Hängefprengwerk jeder der Punkte E und F mit der Laft P und der Punkt C mit der Laft Q befchwert, fo erfährt die Hängefäule die Spannung

$$V = Q, \qquad 97.$$

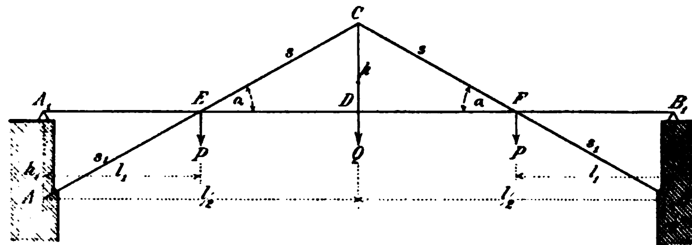
während die Strebenteile CE und CF die Spannungen

$$S = -\frac{V}{2\sin\alpha} = -\frac{s}{2h}V \qquad 98.$$

annehmen. Der Teil EF des Hauptbalkens erleidet den Zug

$$H = \frac{V}{2\,\mathrm{tg}\,\alpha} = \frac{\frac{l}{2} - l_1}{2h}V \qquad 99.$$

Fig. 378.



In den Punkten E und F wirken die Gefamtgewichte $P + \frac{Q}{2}$, welche in den Strebeteilen EA und FB die Druckfpannungen

$$S_1 = -\frac{P + \frac{Q}{2}}{\sin\alpha} = -\frac{s_1}{h_1}\left(P + \frac{Q}{2}\right) \qquad 100.$$

und im Teile EF des wagrechten Balkens die Druckſpannung

$$H_1 = -\frac{P+\frac{Q}{2}}{\operatorname{tg}\alpha} = -\frac{l_1}{h_1}\left(P+\frac{Q}{2}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 101.$$

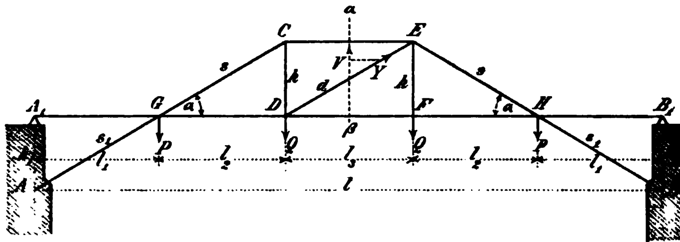
erzeugen, woraus ſich, wegen $\frac{\frac{l}{2}-l_1}{h} = \frac{l_1}{h_1}$, ſeine Geſamtſpannung zu

$$H + H_1 = \frac{l_1}{h_1}\left(\frac{V}{2} - P - \frac{Q}{2}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 102.$$

ergibt.

Werden die Hauptbalkenteile $A_1 E$, ED, DF und FB_1 gleich lang angenommen, ſo ſind, wenn $G = (p+q)\,l$ die Geſamtbelaſtung des Hauptbalkens bezeichnet,

Fig. 379.



$P = \frac{32}{28} \cdot \frac{G}{4} = \frac{32}{4\,.\,28}(p+q)\,l$ und $Q = \frac{26}{28} \cdot \frac{G}{4} = \frac{26}{4\,.\,28}(p+q)\,l$, während die Auflager die Drücke $A_1 = B_1 = \frac{11}{28} \cdot \frac{G}{4} = \frac{11}{4\,.\,28}(p+q)\,l$ aufzunehmen haben.

Wird beim doppelten Hängeſprengwerk jeder der Punkte G, H und D, F bezw. mit dem Gewichte P und Q belaſtet (Fig. 379), ſo erfahren die Hängeſäulen die Spannung

$$V = Q\,, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 103.$$

die Strebenteile CG und EH die Druckſpannungen

$$S = -\frac{V}{\sin\alpha} = -\frac{s}{h}\,V, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 104.$$

während der Spannriegel den Druck

$$R = -\frac{V}{\operatorname{tg}\alpha} = -\frac{l_2}{h}\,V \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 105.$$

und der Hauptbalkenteil GH den zahlenmäſsig gleichen Zug

$$H = \frac{V}{\operatorname{tg}\alpha} = \frac{l_2}{h}\,V \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 106.$$

erleiden.

In den Punkten G und H wirken die Laſten $P + Q$, welche in den Strebeteilen AG und HB die Druckſpannungen

$$S_1 = -\frac{P+Q}{\sin\alpha} = -\frac{s_1}{h_1}(P+Q) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 107.$$

und im Hauptbalkenteil GH die Druckſpannung

$$H_1 = -\frac{P+Q}{\operatorname{tg}\alpha} = -\frac{l_1}{h_1}(P+Q) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 108.$$

erzeugen, woraus sich, wegen $\frac{l_2}{h} = \frac{l_1}{h_1}$, die Gesamtspannung des letzteren zu

$$H + H_1 = \frac{l_1}{h} (V - P - Q) \quad \ldots \ldots \ldots \quad 109.$$

ergibt.

Werden die Hauptbalkenteile $A_1 G$, GD, DF, FH und HB_1 gleich lang angenommen, so sind, wenn $G = (p + q) l$ die Gesamtbelastung des Hauptbalkens bezeichnet, $P = \frac{43}{38} \cdot \frac{G}{5} = \frac{43}{5 \cdot 38} (p + q) 1$ und $Q = \frac{37}{38} \cdot \frac{G}{5} = \frac{37}{5 \cdot 38} (p + q) l$, während die Auflager die Drücke $A_1 = B_1 = \frac{15}{38} \cdot \frac{G}{5} = \frac{15}{5 \cdot 38} (p + q) l$ aufzunehmen haben.

Wenn das doppelte Hängesprengwerk in den Punkten D und F ungleich, und zwar bezw. durch R und S, wovon die letztere die grössere ist, belastet wird, so ist die Diagonale DE erforderlich und erfährt die Druckspannung

$$Y = -\frac{d}{h} V = -\frac{d l_2}{h l} (S - R), \quad \ldots \ldots \ldots \quad 110.$$

welche für $S = \frac{37}{5 \cdot 38} (p + q) l$ und $R = \frac{37}{5 \cdot 38} p l$ ihren Grösstwert erreicht. Für $l_2 = \frac{l}{5}$ wird

$$V = -\frac{d}{5h} (S - R) \quad \ldots \ldots \ldots \quad 111.$$

Die Verbindungen der Hängesäulen mit den Balken, der Hängesäulen mit den Streben und Spannriegeln, sowie der Streben mit ihren Stützpunkten stimmen mit den entsprechenden Verbindungen der Sprengwerke und der Hängewerke überein; dagegen erfordern die Streben und Balken an denjenigen Stellen, wo sie sich kreuzen, eine besondere Verbindung. Wo die Stärken der Balken und Streben dies gestatten, werden dieselben so überblattet, dass von den Streben als den Hauptträgern höchstens $^1/_3$ ihrer Dicke ausgeschnitten wird (Fig. 380 u. 381 links). Sollen die Streben überhaupt nicht verschwächt werden, so wendet man zwei Balken von geringerer Breite an, welche in

Fig. 380.

Fig. 381.

die Streben an ihren Kreuzungsftellen etwas eingelaffen werden, während man die Hängefäulen zwifchen den doppelten Balken nach unten verlängert und dort die Balken ebenfalls etwas einläfst (Fig. 381 rechts). Bei Anwendung fowohl einfacher, als auch doppelter Balken werden diefelben an ihren Kreuzungsftellen überdies durch Schraubenbolzen mit den Streben verbunden; ebenfo werden die verlängerten Hängefäulen mit den doppelten Balken an ihren Kreuzungsftellen verfchraubt. Wo zur Verfteifung des rechteckigen Mittelfeldes gekreuzte Diagonalen erforderlich find, werden diefelben in der beim doppelten Hängewerk angegebenen Weife eingefetzt und befeftigt.

---

5. Kapitel.

Bohlen- und Bretterverbände.

Die Verbände von Bohlen und Brettern bezwecken meift die Herftellung entweder von wagrechten Bauteilen, wie Böden und Decken, oder von lotrechten Bauteilen, wie Wänden und Wandbekleidungen, Thüren und Thoren, oder von Bauteilen, welche aus Bohlen von verfchiedener Neigung zufammengefetzt find. Diefelben find wefentlich verfchieden, je nachdem fie in einer Ebene, in zwei zu einander parallelen Ebenen oder in mehreren, unter einem Winkel zu einander geneigten Ebenen zufammenzufetzen find.

a) Verbände in einer Ebene.

1) Verbreiterungen.

175. Verfahren der Verbreiterung.

Die Bohlen- und Bretterverbände in einer wagrechten Ebene werden je nach dem niedrigeren oder höheren Grade des Zufammenhanges mittels der geraden und fchrägen Fuge, mittels Falz, mittels Nut und Feder oder mittels Verzapfung, Nut und eingelegter Feder, diejenigen in einer lotrechten Ebene je nach dem befonderen Zwecke mittels gerader und fchräger Fugen ohne und mit Deckleiften, Falz oder Keil- und Quadratfpundung, Nut und Feder bewirkt.

176. Säumen und Meffern.

Das Herftellen der geraden und fchrägen Fuge wird bezw. Säumen und Meffern genannt. Die Fuge wird in beiden Fällen mit einem Handhobel glatt gehobelt und

Fig. 382.

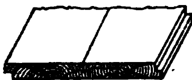


Fig. 383.

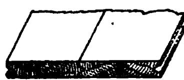


Fig. 384.



Fig. 385.



die Befeftigung der Bretter mit Hilfe von Leim oder mittels eines gut bindenden Kittes bewirkt.

177. Falzen.

Beim Falzen wird die Fuge der Bretter oder Bohlen mittels Falzhobel mit einem Falze (Fig. 382) verfehen, deffen Tiefe und Breite ihrer halben Dicke gleich kommt. Jedenfalls mufs der Falz gröfser fein als das Mafs, um welches die Bohle vorausfichtlich fchwindet. Da diefes Schwinden mit der Breite der Bohlen wächft, fo empfiehlt es fich, fchmale Bohlen anzuwenden.

178. Spundung. Bei Brettern oder fchwachen Bohlen wird die Keilfpundung (Fig. 383), bei ftärkeren Bohlen die Quadratfpundung (Fig. 384) mit Vorteil angewendet, wobei die Tiefe der Nut der Breite der Feder entfpricht. Nur bei Spundwänden, welche zugleich fo zu dichten find, dafs fie kein Waffer durchlaffen, macht man die Nut etwas tiefer und giefst den nach dem Zufammenfügen verbleibenden Zwifchenraum mit dünnflüffigem Zement aus.

179. Nut und Feder. Bei der Verbindung mittels Nut und Feder fowohl von Brettern mit gleicher Dicke (z. B. von Fufsboden- und Friesbrettern), als auch mit ungleicher Dicke (z. B. von Rahmftücken mit Füllungen) wird entweder die Feder an die eine Seite der Bohlen angearbeitet oder von härterem Holz angefertigt und in die zu beiden Seiten der Bohlen angearbeiteten Nuten eingelegt (Fig. 385). Statt der hölzernen fchiebt man in befonderen Fällen Federn von ftarkem Zinkblech ein. Wo fchmale und ftets trockene Bretter oder Bohlen auf diefe Weife zu verbinden find, läfst man die Feder die Nut vollkommen ausfüllen; wo aber das Quellen des Holzes zu befürchten ift, macht man die Nut fo tief, dafs die Feder den nötigen Spielraum hat. In demfelben Falle macht man auch die Nut fo weit, dafs die Feder in derfelben nicht feftfteckt, fondern dafs fie beim Schwinden des Holzes der Bewegung desfelben folgen kann. Dies gilt befonders für die Verbindung von ftarken Rahmhölzern mit fchwachen Füllungen, damit die letzteren beim Schwinden nicht reifsen. Solche Rahmftücke und Füllungen werden teils ohne, teils mit Zwifchenftück verbunden (Fig. 386 bis 389), welches entweder aufgelegt oder beffer mittels Nut und Feder eingefchaltet und mehr oder minder reich profiliert wird. Werden Füllungen mittels Nut und Feder fo in das Rahmftück eingefetzt, dafs fie vorfpringen oder nicht, fo erhält man bezw. die überfchobenen (Fig. 386) und eingefchobenen (Fig. 387) Füllungen.

Fig. 386.

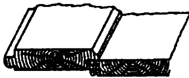


Fig. 387.

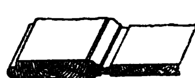


Fig. 388.

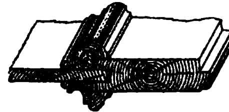


Fig. 389.

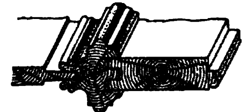


Fig. 390.

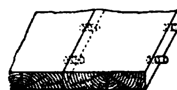
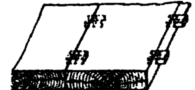


Fig. 391.



180. Verzapfung. Die Verzapfung von Brettern und Bohlen wird felten durch angearbeitete, fondern meift durch cylindrifche oder prismatifche Zapfen aus härterem Holze bewirkt, welche vielfach durch Mafchinen hergeftellt und befonders eingefetzt werden (Fig. 390 u. 391).

2) Winkelverbände.

181. Verfahren des Verbandes. Sind Bohlen, welche in einer Ebene liegen, unter einem Winkel zu verbinden, fo werden fie mittels Gehrung ohne oder mit eingelegter Feder, mit Verblattung ohne oder mit Gehrung (Fig. 392 u. 393) und mit Verzapfung ohne oder mit Gehrung (Fig. 394 u. 395) zufammengefetzt.

Fig. 392.

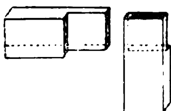


Fig. 393.

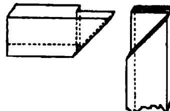


Fig. 394.

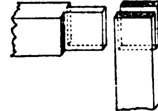
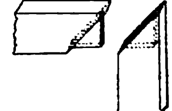


Fig. 395.



Die Gehrungsfuge muſs den Winkel, unter welchem die Verbandſtücke zuſammenſtoſsen, halbieren und erfordert eine beſondere Befeſtigung, welche durch eine drei- oder viereckige eingelegte Feder aus härterem Holze mittels hölzerner oder eiſerner Nägel bewirkt wird. 182. Gehrung.

Fig. 396.

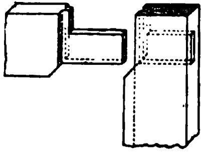
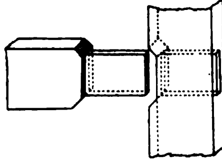


Fig. 397.



Die Verblattung dient zum Winkelverbande ſchwächerer Bohlen. Die beiden Blattſtücke werden in ihrer halben Stärke ſo ausgeſchnitten, daſs äuſserlich entweder eine Gehrungsfuge entſteht oder nicht. In beiden Fällen ſind die Verbandſtücke durch mindeſtens zwei Nägel zu befeſtigen. 183. Verblattung.

Die Verzapfung wird zur Verbindung ſtärkerer Bohlen unter einem Winkel angewendet und erfordert einen Eck- oder einen Mittelzapfen, je nachdem die Bohlen an beiden Enden zu verbinden ſind oder nicht (Fig. 396 u. 397). Soll der Eckverband äuſserlich Gehrungsfugen zeigen, ſo iſt der Zapfen dreieckig herzuſtellen (Fig. 395).

b) Verbände in zwei parallelen Ebenen.

Wo eine einzige Bohlenlage die hinreichende Stärke nicht beſitzt, wendet man zwei oder mehrere Lagen an, welche entweder mit parallelen, aber verſetzten Längsfugen oder, wo zugleich die Drehung derſelben vermieden werden ſoll, mit ſich 184. Verzapfung.

Fig. 398.



Fig. 399.

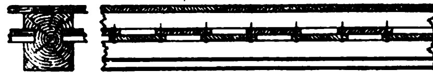


Fig. 400.



kreuzenden Längsfugen entweder unmittelbar aufeinander oder, behufs Herſtellung eines Hohlraumes, in einem gewiſſen Abſtande mittels einzelner, zwiſchen ſie eingeſchalteter Bohlenſtücke verbunden werden.

Bei ſtarken Verbänden werden die Balken mit ihren Längsfugen dicht aneinander und letztere ſo gelegt, daſs ſie in jeder Bohlenlage gegeneinander um etwa eine halbe Bohlenbreite, alſo ſo verſetzt ſind, daſs immer »voll auf Fuge« kommt. 185. Parallele Längsfugen.

Hierher gehören auch die beiden Bretterlagen von Parkettböden, wobei die untere Lage, der Blindboden, aus gewöhnlichen, unbehobelten und ungeſäumten Brettern beſteht, welche auf die Balken oder auf beſondere Lagerhölzer ſenkrecht zu denſelben gelagert werden, und die obere Lage meiſt aus quadratiſchen Täfelchen beſteht, welche mittels Nut und eingelegter Feder aus hartem Holze aneinander gefügt und auf die untere Bohlenlage mit in die Nuten ſchräg eingeſetzten Nägeln oder beſſer mit Schrauben befeſtigt werden.

Wo es ſich um einen dichten Abſchluſs mittels nur geſäumter Bretter handelt, läſst man Zwiſchenräume zwiſchen den einzelnen Brettern beider Lagen, welche ſchmaler als die Brettbreiten ſind, ſo daſs die Bretter ſich gegenſeitig überdecken und aufeinander genagelt werden können. Dieſe Verbindungsweiſe von Brettern und Bohlen beſitzen die ſog. Stülpdecken (Fig. 398 u. 399), welche man in Räumen anwendet, wo geputzte Decken wegen der darin entwickelten Feuchtigkeit und ſchädlichen Ausdünſtung (z. B. in Stallungen) Dauer nicht

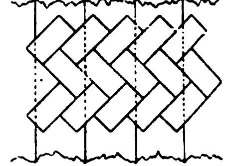
verſprechen, und die ſog. Stülpwände (Fig. 400), welche man bei Herſtellung von Fangdämmen, der Holzerſparnis halber, anſtatt dichter, doppelter Bohlenlagen ausführt.

186. Gekreuzte Längsfugen. Wo die beiden Lagen von Balken oder Brettern ein möglichſt unverſchiebliches Ganze bilden ſollen, werden dieſelben unter verſchiedenen Winkeln, welche meiſt zwiſchen 45 und 90 Grad ſich bewegen, entweder unmittelbar oder mittelbar aufeinander genagelt. Die ſtärkſten derartigen Verbindungen erfordern liegende Roſte, welche aus ſtarken Bohlen herzuſtellen ſind und ſich weder verſchieben, noch durchbiegen dürfen. Um einen Verſchnitt an den Enden zu vermeiden, kreuzt man dieſelben unter einem Winkel von 90 Grad (Fig. 401) und nagelt ſie an mehreren geeigneten Stellen.

Fig. 401.



Fig. 402.



Hierher gehören ferner diejenigen Parkettböden, bei welchen der Blindboden aus ſenkrecht zu den Balken oder Lagerhölzern auf dieſelben genagelten Brettern beſteht, während die Täfelchen des oberen Belages ſo verlegt werden, daſs ihre Fugen diejenigen der Bretter unter einem gleichen oder unter verſchiedenen Winkeln kreuzen (Fig. 402).

Zweier Lagen gekreuzter Bohlen bedient man ſich ferner zur Herſtellung leichter Wände, wobei man die eine Lage aus lotrechten, die andere Lage aus meiſt unbehobelten, gegen die Mitte der Wand geneigten Brettern herſtellt, welche

Fig. 403.

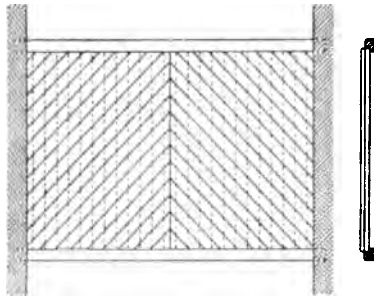
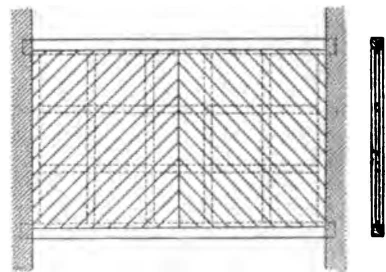


Fig. 404.



man an die erſteren nagelt (Fig. 403). Die geneigten Bretter bilden mit jenen lotrechten zuſammen eine Art Hängewerk, wodurch ſich dieſe ſog. geſprengten Bretterwände frei tragen. Um ſolche Wände zu ſchlechteren Leitern der Wärme und des Schalles zu machen, ſchaltet man zwiſchen die beiden Bretterlagen ein aus Bohlen hergeſtelltes Riegelgerüſt ein (Fig. 404), an welches die gegen die Mitte der Wand geneigten Bretter genagelt werden.

Hierher ſind auch die auf den Sparren von Pult- oder Satteldächern angewendeten Verſchalungen zu rechnen, deren Schalbretter die Sparren unter Winkeln von etwa 45 Grad kreuzen und auf dieſelben genagelt werden. Der hierdurch gebildete Dreieckverband verhindert die Verſchiebung der Binder und dient als wirkſamer Erſatz für einen beſonderen Windverband.

c) Verbände in zwei zu einander geneigten Ebenen.

187. Verzinkung. Der einfachſte Verband zweier unter einem Winkel ſich treffender Bohlen bildet die gerade oder ſchräge Fuge, welche beide indes eine Befeſtigung durch

Leim, durch Nagelung oder durch beides erfordern. Einen beſſeren Verband liefert die Verzinkung, bei welcher die einzelnen Zinken entweder durch die ganze Dicke der Bretter hindurchreichen (Fig. 405) oder, um das Hirnholz der Zinken an einer Seite zu verdecken, eine Länge von nur $^2/_3$ oder $^3/_4$ der Brettſtärke erhalten (Fig. 406), wodurch die verdeckte Verzinkung entſteht. Um die Verzinkung an beiden Seiten zu verdecken, wie dies bei allen feineren Arbeiten erforderlich iſt, wendet man die Verzinkung auf Gehrung (Fig. 404) an, obwohl die Bearbeitung derſelben ſchwieriger iſt und mehr Zeit erfordert. Um die Verzinkung zur Befeſtigung der unter einem Winkel zu verbindenden Bohlen noch wirkſamer zu machen, werden letztere überdies verleimt.

Fig. 405.

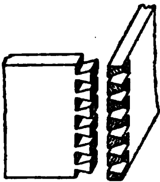


Fig. 406.

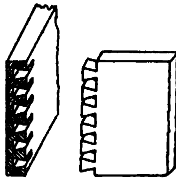
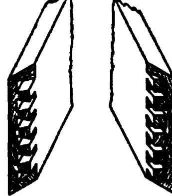


Fig. 407.



Einen wirkſameren Winkelverband von Bohlen erreicht man indes durch zwei oder mehrerere eiſerne Winkelbänder, deren beide Schenkel man auf die zu verbindenden Bretter auflegt oder in dieſelben einläſst und dann durch Nägel oder beſſer durch Schrauben mit ihnen verbindet. Der feſteſte Winkelverband von Bohlen wird durch je ein aufgelegtes oder eingelaſſenes Winkeleiſen von der Länge der zu verbindenden Bretter hergeſtellt, welches man in derſelben Weiſe befeſtigt. 188. Verband mittels Eiſen.

Litteratur.

Bücher über »Konſtruktionselemente in Holz«, ſowie über »Zimmerwerkskunde« und »Bauſchreinerei«.

JOUSSE, M. *Le théâtre de l'art de la charpenterie, enrichi de diverſes figures avec l'interprétation d'icelles. La Fleche 1664.*

SCHÜBLER, J. J. Nützliche Anweiſung zur unentbehrlichen Zimmermanns-Kunſt. Nebſt italiäniſchen, franzöſiſchen und teutſchen Heng- und Sprengwerken. Nürnberg 1731.

SCHÜBLER, J. J. *Sciagraphica artis lignariae,* od. nützliche Eröffnung zu der ſichern fundamentalen Holtz-Verbindung bey dem Gebrauch der unentbehrlichen Zimmermanns-Kunſt. Nürnberg 1736.

REUSS. Anweiſung zur Zimmermannskunſt. Leipzig 1764. — 3. Aufl. 1789.

KRAFFT, J. CH. *Plans, coupes et élévations de diverſes productions de l'art de la charpente.* Paris 1805.

HOFFMANN, J. G. Hauszimmerkunſt. Königsberg 1819.

TREDGOLD, T. *Elementary principles of carpentry.* London 1820. — 7. Aufl. von E. W. TARN. 1886.

MITTERER, H. Die deutſche Zimmerwerks-Kunſt etc. München 1825. — 5. Aufl. 1840.

NOSBAN, L. Vollkommenes Handbuch für Möbel- und Gebäudeſchreiner etc. Ulm 1829.

MATTHAEY, C. Theoretiſch-praktiſches Handbuch für Zimmerleute etc. Weimar 1829—40. — 5. Aufl. von W. HERTEL. 1862.

ROMBERG, A. Die Zimmerwerks-Kunſt. München 1831—33. — 3. Aufl. 1850.

HÖRNIG, G. S. Grundſätze und Erfahrungen in Betreff der verſchiedenen Zimmerarbeiten bei dem Land- und Waſſerbau. Dresden und Leipzig 1834. — 4. Aufl. von R. HEYN. Leipzig 1875.

EMY, A. R. *Traité de l'art de la charpenterie.* Paris 1837—41. — Neue Aufl. 1878. — Deutſch von L. HOFFMANN. Leipzig 1847—49. — Neue Ausgabe 1860.

HAMPEL, J. C. G. Lehrbuch der höheren Zimmerkunſt. Leipzig 1839.

COULON, A. G. *Menuiſerie deſcriptive etc.* Paris 1844. — Neue Aufl. 1869.

ADHÉMAR, A. J. *Traité de charpente.* Paris 1849. — 4. Aufl. 1872.

De la charpente. Brüſſell 1852.

GRELLMANN, C. T. Lehrbuch der praktifchen Zimmerkunft. Leipzig 1858.

MÜLLER, H. Die Hauszimmerkunft. Leipzig 1858.

FINK, F. Die Schule des Bautifchlers. Leipzig 1858. — 3. Aufl.: Der Bautifchler oder Baufchreiner und der Fein-Zimmermann. 1877.

GEIER, F. Statiftifche Ueberficht der Holzverbindungen von Mittel- und Süddeutfchland. Mainz 1859.

HARRES, B. Die Schule des Zimmermanns. Leipzig 1860—62. (I. Theil: Die Hochbauten. 6. Aufl. 1878.)

CABANIÉ, B. *Charpente générale théorétique et pratique.* Paris 1864.

BEHSE, W. H. Die praktifchen Arbeiten und Konftruktionen des Zimmermanns in allen ihren Teilen. 6. Aufl. von MATTHAEY's Baukonftruktionen des Zimmermanns. Weimar 1868. — 9. Aufl. 1894. 10. Aufl.: Der Zimmermann etc. Von H. ROBRADE. Leipzig 1899.

PROMNITZ, J. Der praktifche Zimmermann. Halle 1868—69. — 2. Aufl. von G. WANDERLEY. 1874.

MÖLLINGER, C. Baukonftruktions-Vorlagen der Baugewerkfchule zu Höxter. Zimmerkonftruktionen. 1. u. 2. Heft. Halle 1869.

FRANKE, G. Der praktifche Bautifchler. Halle 1870.

DELATAILLE, E. *Art du trait pratique de charpente. Continuation des ouvrages commencés par* F. LARROUIL. Tours 1870—80. — 2. Aufl. 1888.

WOLFRAM, L. F. Darftellung der Zimmer-Bauwerke von den einfachften Holzverbindungen bis zu grofsen zufammengefetzten Dächern, Treppen, Brücken, Mafchinen etc. Stuttgart 1872.

BROUSSE, P. *Enfeignement fur l'art de la charpenterie.* Bordeaux 1873.

LEHFELD, P. Die Holzbaukunft. Berlin 1880.

BOMSTORFER, K. A. Die Bautifchlerei. Leipzig 1880.

Deutfche bautechnifche Tafchenbibliothek.

Heft 69, 70 u. 73: Der Zimmermeifter und Bau-Unternehmer. Von G. ADLER. Leipzig 1881.

Heft 55 u. 56: Die Bautifchlerei. Von C. A. ROMSTORFER. 1880—81.

PROMNITZ, J. Der Holzbau. Leipzig 1881.

DELABAR, G. Die wichtigften Holzkonftruktionen mit den Zimmerer-, Schreiner- und Glaferarbeiten. Freiburg i. B. 1883.

SCHRÖDER, CH. Die Schule des Tifchlers etc. Weimar 1885.

KRETSCHMER, K. Die Holzverbindungen. Wien 1885.

PRIES, H. Die einfachen Zimmerkonftruktionen. Kiel 1888.

KRAUTH, TH. & F. S. MEYER. Das Schreinerbuch etc. Leipzig 1890. — 4. Aufl. 1899.

KRAUTH, TH. Die Bau- und Kunftzimmerei mit befonderer Berückfichtigung der äufseren Form. Leipzig 1893.

BISCHOFF, E., KRAUTH, TH. & F. S. MEYER. Der Zimmermann. Eine Sammlung praktifcher Vorbilder für allerlei Zimmerwerke und deren Einzelheiten. Ravensburg 1894.

DIESENER, H. Praktifche Unterrichtsbücher für Bautechniker. Bd. 5: Die Baukonftruktionen des Zimmermanns etc. Halle 1892.

KRAUTH, TH. & F. S. MEYER. Das Zimmermannsbuch etc. Leipzig 1893. — 3. Aufl. 1899.

Ferner:

Journal de menuiferie. Erfcheint feit 1863.

Deutfche Tifchler-Zeitung. Herausg. v. F. A. GÜNTHER. Berlin. Erfcheint feit 1874.

Neue Tifchler-Zeitung. Herausg. v. W. GRAMM. Red. v. L. JACOBS. Hamburg. Erfcheint feit 1879.

Zeitfchrift der Zimmerkunft. Red. v. W. SCHÖNSTEIN. Leipzig. Erfcheint feit 1883.

Illuftrirte Schreiner-Zeitung. Herausg. von F. LUTHMER. Stuttgart. Erfcheint feit 1883.

III. Teil, 1. Abteilung:
KONSTRUKTIONSELEMENTE.

---

3. Abſchnitt.

Konſtruktionselemente in Eiſen.

Von GEORG BARKHAUSEN.

1. Kapitel.

Verbindung von Eiſenteilen.

189. Warme Nietung.

Eiſerne Konſtruktionsteile werden in ſehr verſchiedener Weiſe miteinander verbunden. Das Zuſammenſchweiſsen von Eiſen und Stahl kommt an dieſer Stelle nicht in Frage; hauptſächlich werden es die Verbindungen mittels Niete, mittels Schrauben, mittels Bolzen, mittels Keile und mittels Splinte ſein, deren Betrachtung die Aufgabe des vorliegenden Kapitels iſt.

a) Niete und Nietverbindungen.

1) Niete und Nietlöcher.

Niete dienen zur mechaniſchen Verbindung von Eiſenteilen, wie auch einiger anderer Metalle; doch kommt die Vernietung nirgends in ſo ausgedehntem Maſse in Anwendung, wie beim Eiſen. Die Grundſätze der Vernietung ſind hier verſchieden, je nachdem dieſelbe in erſter Linie beſtimmt iſt, Kräfte zu übertragen oder die Fuge der vernieteten Teile ſo zu ſchlieſsen, daſs Flüſſigkeiten oder Gaſe, ſelbſt unter Druck ſtehend, nicht durchdringen können. Man unterſcheidet daher Kraftnietungen und Nietungen auf Dichtigkeit.

Die Vernietung beſteht darin, daſs in je zwei einander in jeder Beziehung genau entſprechende, kreisrunde Löcher der beiden zu vernietenden Teile ein den Lochdurchmeſſer an Stärke nicht ganz erreichender, hellrot- bis weiſsglühender Bolzen eingeſteckt wird, deſſen hinteres Ende einen ringförmig vorſtehenden Kopf, den ſog. Setzkopf, trägt; dieſer legt, mit leichtem Hammerſchlage angetrieben, die Stellung des Nietbolzens im Loche feſt. Am anderen Ende ſteht der Bolzen ſo weit aus dem Loche hervor, daſs durch Umſchmieden mittels Zuſchlag- und Geſenkhammer (Schellhammer) ein ähnlicher Kopf, wie der oben erwähnte, der ſog. Schlieſskopf, nachträglich aus dem weiſsglühenden Bolzen hergeſtellt werden kann; die Länge des Bolzens muſs von vornherein auf die Dicke aller aufeinander zu nietender Teile und auf die richtige Ausbildung des Schlieſskopfes bemeſſen ſein.

Zu kurze Niete geben unvollkommene Köpfe; bei zu langen vermag der Gefenkhammer das überfchüffige Material nicht zu faffen; letzteres quillt feitlich hervor, und die fo entftehende unregelmäfsige Kopfform verkürzt die verlangte Tragfähigkeit nicht, wenn das Antreiben recht fcharf erfolgt.

Um einem Niete vom Durchmeffer d und der fchliefslichen Schaftlänge a ficher einen guten Schliefskopf geben zu können, ift die Schaftlänge des Nietbolzens mit $1{,}1\ a + 1{,}33\ d$ zu wählen.

Die Köpfe brauchen nicht mittels Gefenkhammer vor den Flächen der vernieteten Teile vorfpringend ausgebildet zu werden; man kann vielmehr den cylindrifchen Löchern an einem oder an beiden Enden Ausweitungen nach Geftalt eines abgeftumpften Kegels, mit der gröfseren Endfläche in der Aufsenfläche der zu nietenden Teile, geben und den Bolzen fo lang machen, dafs er, mit Zufchlaghämmern niedergefchmiedet, die Ausweitung gerade ausfüllt; auf folche Weife entftehen die verfenkten Niete (fiehe Fig. 412).

Nach Ausbildung des Schliefskopfes ift das Bewegen des Bolzens nach keiner Seite mehr möglich; er füllt durch die Anftauchung beim Ausbilden des Schliefskopfes das Loch aus, legt fich auch mit den Ringflächen der Köpfe fo eng an die Flächen der genieteten Teile an, dafs man felbft mit fcharfen Werkzeugen nicht in die Fuge unter dem Kopfe eindringen kann. Da diefer Zuftand hergeftellt wird, während der Niet noch heifs ift, diefer fich aber bei weiterer Abkühlung noch zufammenzieht, d. h. verkürzt, fo werden die zu vernietenden Teile beim Erkalten immer fefter aufeinander geprefst, und es entfteht eine Reibung zwifchen ihnen, welche in vielen Fällen allein genügt, um das Auseinanderziehen der vernieteten Teile durch die wirkenden Kräfte zu verhindern.

Da zum Ausbilden des Schliefskopfes fchwere Hammerfchläge erforderlich find, fo ift Vernietung bei folchen Bauftoffen ausgefchloffen, welche Hammerfchläge nicht ertragen; dahin gehört z. B. Gufseifen. Die Möglichkeit der Nietung von Eifenteilen befchränkt fich alfo auf Schweifseifen, Flufseifen und Stahl. Ebenfo ift felbftverftändlich warme Nietung bei allen Metallen ausgefchloffen, welche bei Berührung mit weifsglühendem Eifen verbrennen, fchmelzen oder fonft zerftört werden.

190. Kalte Nietung.

Nicht alle Eifennietungen werden mit glühenden Nieten ausgeführt. Sinkt der Nietdurchmeffer unter 10 mm, fo werden die dünnen Schäfte durch Weifsglühhitze zu ftark angegriffen, oft völlig verbrannt. Bei Verwendung folcher Mafse ftellt man die Niete aus weichem Eifen her und fchmiedet den Schliefskopf mit oder ohne Schellhammer kalt. Solche Nietungen find wegen mangelhafter Ausfüllung des Loches erheblich weniger tragfähig und dicht.

191. Nietloch.

Die Nietlöcher follen der Regel nach genau kreisrund und völlig cylindrifch fein; auch follen die zufammengehörenden Löcher in den zu verbindenden Teilen ohne Abweichung übereinander liegen. Geringe Ungenauigkeiten in letzterer Beziehung follen durch Ausreiben mit der Reibahle, nicht durch das fo beliebte Auftreiben mittels konifchen Stahldornes, befeitigt werden. Das Herftellen der Nietlöcher, das Lochen, erfolgt mittels Durchftofsmafchinen oder durch Bohren.

Das Ausftofsen oder Punzen der Nietlöcher ift zwar fehr bequem und an Zeit- und Geldverbrauch fparfam, ruft aber anderweitige Mifsftände hervor, welche eine wirklich gute Vernietung fehr erfchweren.

Zunächft wird das Metall in der Umgebung des Loches durch die grofsen Scherfpannungen, welche am Lochrande felbft bis zur Zerftörung fteigen müffen, leicht verdrückt und jedenfalls in der Tragfähigkeit wefentlich beeinträchtigt; fchmale Eifenteile werden beim Lochen nach Länge und Breite auseinander gedrückt, fo dafs der Rand wellenförmig und die richtig hergeftellte Nietteilung zu weit wird. Es ift daher ganz unzuläffig, fchmale fchwache Eifen (Bandeifen, Winkeleifen, fchwache **[**-Eifen u. f. w.) unter dem Durchftofse zu lochen; fie müffen die Löcher auf andere Weife erhalten. Das Lochen mit der Stofsmafchine ift auf ftarke Eifenforten (grofse Bleche, Stege ftarker **I**-Träger u. f. w.) zu befchränken.

Insbefondere entftehen beim Lochen des Stahles am Rande des Loches Haarriffe, welche das fertige Stück durchaus unzuverläffig machen.

Sodann mufs die Matrize etwas zu weit fein, damit der Dorn fich nicht in fie einklemmt; dadurch bekommen die Löcher eine merklich kegelförmige Geftalt (Anzug 1 : 8), welche nach dem Zufammenlegen der Teile beim Ausbilden der Niete plötzliche und daher fchädliche Aenderungen des Schaftdurchmeffers ergiebt.

Jedenfalls foll die Lochung fo erfolgen, dafs beim Zufammenlegen der Teile die engen Lochenden zufammentreffen, damit der fertige Schaft eine doppeltkegelförmige Geftalt mit dem kleinften Durchmeffer in der Mitte erhält und fo die Köpfe im Zufammenhalten der Teile unterftützt.

Beim Austreten aus dem Loche läfst der ausgeftofsene Kern auf der Unterfeite am Rande des Loches einen vorfpringenden fcharfen Grat ftehen, während oben der Rand etwas eingedrückt wird; werden diefe Unebenheiten, namentlich der Grat am unteren Rande, nicht forgfältig befeitigt, fo find fie der guten Ausbildung der Nietköpfe und dem dichten Schluffe der Fuge hinderlich.

Bei dem fchnellen Fortfchritte der Locharbeit ift es fchwierig, die fchweren Teile ftets in die genau richtige Lage zu bringen; häufig kommen daher kleine Fehler in der Lochftellung vor, welche gutes Paffen der Löcher und dichten Schlufs der Fuge zwifchen den zu verbindenden Teilen ausschliefsen.

Diefe Mifsftände, welche teils fchwer, teils gar nicht zu befeitigen find, laffen es angezeigt erfcheinen, wenigftens bei hohen Anfprüchen an die Güte der Arbeit die zeitraubendere und teuerere Art der Herftellung der Löcher durch Bohren vorzuziehen.

Die Löcher werden mit lotrechten Bohrmafchinen erzielt, deren Bohrer gebrochene Schneiden mit dem tiefften Punkte in der Mitte und einer Gefamtbreite gleich dem Lochdurchmeffer haben, oder neuerdings häufiger als fchraubenförmige Schneidewerkzeuge mit Spitze ausgebildet find. Es ift leicht, diefe Bohrer mit der Spitze genau in die vorgezeichnete Lochteilung zu fetzen; fie fchneiden dann eine kegelförmige Vertiefung, welche fo lange erweitert wird, bis der volle Lochdurchmeffer hergeftellt ift, ohne dafs dabei das umgebende Metall erheblich in Mitleidenfchaft gezogen würde. Die oben gerügten Mifsftände fallen dabei fort. Zwar erzeugt fich auf der Unterfeite auch ein leichter Grat; doch ift diefer geringfügig und leicht zu befeitigen.

Bei Verwendung der älteren, dreieckigen Bohrer wird die Lochwandung durch die Schnitte der beiden äufseren Ecken der Bohrfchneide erzeugt, welche die Wandung in flachen Schraubengängen herftellen, fo dafs diefelbe nicht glatt, fondern gefurcht erfcheint, etwa wie die mit dem fpitzen Schneideftahle gehobelte Fläche. Der Schneckenbohrer fchneidet die Lochwandung dagegen mit fcharfer fchraubenförmiger Schneide fertig, fo dafs fie ganz glatt, häufig fpiegelnd ausfällt. Da nun recht glatte Wandungen die gute Ausfüllung des Loches durch den Niet fördern, fo werden die Schneckenbohrer jetzt ganz allgemein den alten Dreiecksbohrern vorgezogen. Auch zum Ausreiben rauher oder nicht genau paffender Löcher eignet fich der Schneckenbohrer vorzüglich.

Ein Mittelweg zwifchen Stofsen und Bohren, welcher felbft bei Stahl von vielen für zuläffig erklärt wird, befteht darin, dafs man das Loch zuerft nur mit etwa $^3/_4$ des Durchmeffers ftöfst und den verbleibenden ringförmigen Reft dann nachbohrt oder nachreibt.

Der mit dem Setzkopfe verfehene Schaft oder Bolzen des Nietes zeigt nur dicht an diefem Kopfe den vorgefchriebenen Durchmeffer; im Mittel ift er etwa 3 Vomhundert fchwächer, als das auszufüllende Loch; im übrigen ift er etwas kegelförmig geftaltet, damit er ohne zu grofsen Widerftand in das Nietloch getrieben werden kann. 192. Nietfchaft.

Schaftlängen, welche das 4-fache des Durchmeffers überfteigen, ftellen die vollkommene Ausfüllung des Loches durch das Stauchen in Frage und find daher zu vermeiden; find Bolzen von gröfserer Länge nicht zu umgehen, fo zieht man Schraubenbolzen vor.

Die Nietköpfe erhalten verfchiedene Form; Beifpiele zeigen Fig. 408 bis 415. Die urfprünglich vorhandenen Setzköpfe haben fehr häufig eine andere Form, als die mit dem Schellhammer herzuftellenden Schliefsköpfe. 193. Nietkopf.

Der unvermittelte Uebergang des breiten Kopfes in den fchmalen Schaft beeinträchtigt die Tragfähigkeit des Nietes; es ift daher zweckmäfsig, die Kante des

Loches 1 bis 2 mm tief und breit mit einem zu weiten Dreiecksbohrer zu brechen und dem Setzkopfe von vornherein den entſprechenden, kegelförmigen Uebergang vom Kopfe in den Schaft zu geben. Am Schlieſskopfe bildet ſich dieſer nach Maſsgabe der Geſtalt des Loches von ſelbſt.

Niete für gebrochene Lochkanten zeigen Fig. 411 u. 412; Fig. 413 iſt ein halb verſenkter Niet; Fig. 415 zeigt zwei Formen verſenkter Niete, die jedoch an beiden Enden desſelben Nietes gleichzeitig ſelten ausgeführt werden. Beſonders gebräuchlich für ſtarke Nietungen iſt die Form in Fig. 412, da ſie bei ſchmalem Nietkopfe doch eine groſse Cylinderfläche in der Verlängerung des Schaftumfanges giebt, deren Abſcherungsfeſtigkeit dem Beſtreben des Nietes, ſich beim Erkalten zuſammenziehen, widerſtehen muſs. Da das Zuſammenziehen aber zugleich den Schaft abzureiſsen ſtrebt, ſo wird ein gut geformter Niet in der cylindriſchen Abſcherungsfläche dieſelbe Sicherheit haben müſſen, wie im Schaftquerſchnitte.

Fig. 408.

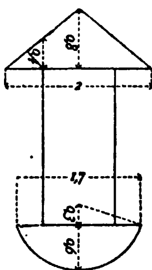


Fig. 409.

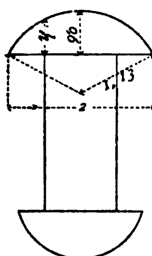


Fig. 410.

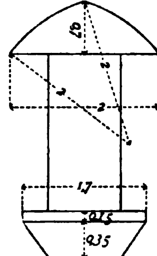


Fig. 411.

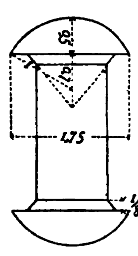


Fig. 412.

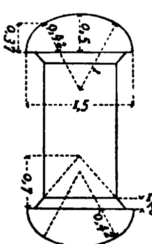


Fig. 413.

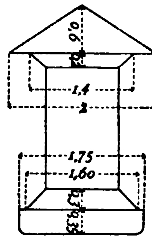


Fig. 414.

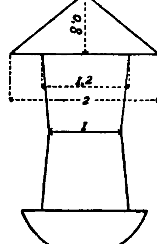
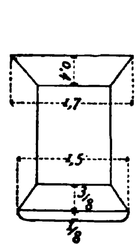


Fig. 415.



Wird die zuläſſige Scherſpannung im vielfach umgearbeiteten Kopfe gleich $\frac{2}{3}$ der Zugſpannung im Schafte geſetzt und iſt h (Fig. 409) die Höhe des abzuſcherenden Cylinders, ſo muſs ſtattfinden

$$h\,d\,\pi\,\frac{2}{3}\,s' = \frac{d^2\,\pi}{4}\,s',$$

woraus als kleinſter Wert

$$h = 0{,}375\,d$$

folgt. Im feſteren Setzkopfe kann die Höhe etwas geringer ſein. Die Abbildungen zeigen, wenn man die Verſenkungen mit berückſichtigt, ſämtlich gröſsere Kopfhöhen; offenbar ſind aber dreieckige Köpfe ungünſtiger, als runde. Die Korbbogenform in Fig. 412 iſt gegenüber der Halbkugel über derſelben Grundfläche vorzuziehen, weil letztere viel unnützes Metall in die Kuppe des Kopfes bringt.

194. Beanſpruchung des Nietſchaftes.

Die Beanſpruchung des Schaftes infolge der Verhinderung des Zuſammenziehens beim Erkalten hängt vom Wärmeunterſchiede zwiſchen Niet und Umgebung in dem Augenblicke ab, wo der Kopf weit genug ausgebildet iſt, um die Bewegung des Nietes zu verhindern. Die Spannung im Schafte entſpricht übrigens nicht der ganzen angeſtrebten Zuſammenziehung; vielmehr drücken ſich die genieteten Teile unter dem Drucke des Kopfes in ſich zuſammen, und die Fugen zwiſchen den Blechen werden geſchloſſen. Der Niet wird ſich alſo bei der Abkühlung um ſo mehr wirklich verkürzen, je mehr ſchwache Bleche er faſst; ſeine Spannung wird hoch, wenn er nur wenige ſtarke, dem Schluſſe der Fuge groſsen Widerſtand entgegenſetzende Bleche verbindet.

Der Niet wird bis auf 1100 bis 1200 Grad C. erwärmt; doch ift anzunehmen, dafs er bis zum Augenblicke des erften feften Anliegens des Schliefskopfes, des Greifens des Nietes, auf etwa 900 Grad C. abgekühlt ift.

Bezeichnen α die Längenausdehnung der Längeneinheit durch 1 Grad C. Wärmezunahme und l die Länge des Schaftes, E die Elaftizitätsziffer des Nietftoffes und σ die Längsfpannung im Niete, fo würde σ für einen in völlig ftarre, kalte Maffe gezogenen Niet folgen aus $\sigma : E = \alpha l \cdot 900 : l$, woraus $\sigma = \frac{900 \alpha l E}{l}$, und da für Stahl und Eifen $\alpha = 0{,}0000123$, $E = 2\,000\,000^{kg}$ auf 1^{qcm} zu fetzen find, $\sigma = 900 \cdot 0{,}0000123 \cdot 2\,000\,000 = 22\,140^{kg}$ für 1^{qcm}, fo dafs ein folcher Niet beim Abkühlen notwendig durchreifsen müfste.

Nun ift aber der umgebende Körper weder kalt noch ftarr. Er erwärmt fich durch den Niet auf etwa 400 Grad C., fo dafs für die Spannung des Nietes nur $900 - 400 = 500$ Grad C. in Frage kommen.

Durch die Spannung σ im Bolzen, welche eine Spannkraft von $\sigma \frac{d^2 \pi}{4}$ liefert, wird ein ringförmiger Körper unter den Kopfrändern vom Querfchnitte $\frac{1{,}5^2 d^2 \pi}{4} - \frac{d^2 \pi}{4} = 1{,}25 \frac{d^2 \pi}{4}$ zufammengeprefst; die Spannung darin ift alfo $\sigma \frac{d^2 \pi}{4} : 1{,}25 \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{\sigma}{1{,}25}$, und für die Zufammendrückung Δ auf die Länge l gilt infolgedeffen die Beziehung $\Delta : l = \frac{^4/_5 \sigma}{E}$, woraus $\Delta = {^4/_5} \sigma l \frac{1}{E}$ folgt.

Jede der n Fugen zwifchen den aufeinander zu nietenden Teilen drücke fich um δ Centim. zufammen; von der ganzen Längung des Schaftes um $500 \cdot 0{,}0000123\, l$ gehen alfo die Strecken ${^4/_5} \sigma l \frac{1}{E}$ und $n \delta$ ab, und die die Spannung erzeugende Reckung ift demnach

$$500 \cdot 0{,}0000123\, l - \frac{4}{5} \sigma l \frac{1}{E} - n \delta .$$

Die Spannung im Bolzen folgt daher aus

$$\sigma : E = \left[500 \cdot 0{,}0000123\, l - {^4/_5} \sigma l \frac{1}{E} - n \delta \right] :$$

und aus diefer Gleichung ergiebt fich, wenn für E der Wert eingefetzt wird,

$$l = \frac{n \delta}{0{,}00615 - 0{,}0000009\, \sigma},$$

wonach man beftimmen kann, wie lang ein Niet werden darf, wenn eine beftimmte Längsfpannung nicht überfchritten werden foll. Geht man mit der Spannung σ für weichen Stahl bis an die Elaftizitätsgrenze von $\sigma = 1800^{kg}$ für 1^{qcm} und fetzt man das Mafs δ der Zufammendrückung jeder Fuge gleich $0{,}03^{cm}$, fo folgt

$$l = 6{,}6\, n .$$

Demnach dürfen die Niete bei Vernietung von zwei Platten (alfo $n = 1$) höchftens $6{,}6^{cm}$, in drei Platten (für $n = 2$) $13{,}2^{cm}$ u. f. w. lang fein. Der guten Stauchung wegen wird demgegenüber für Handnietung die Grenze $l = 4d$ eingehalten; bei Mafchinennietung find auch längere Niete zuläffig.

Lange Niete werden weniger gefpannt, wenn man fie nur in demjenigen Teile der Schaftlänge glühend macht, der zur Bildung des Schliefskopfes genügt. Diefes Verfahren ift aber zu verwerfen, weil das Nietloch dabei nie gut ausgefüllt werden kann. Sind fehr lange Bolzen erforderlich, fo verwende man Schraubenbolzen. Ein gutes Mittel zur Verminderung der Nietfpannung ift das Vorwärmen der Umgebung des Loches durch Einfchlagen heifser Dorne.

Die Ausfüllung des Nietloches ift fowohl bei Dichtigkeits-, wie Kraftnietungen wichtig: bei erfteren, um keine offenen Fugen zu bieten; bei letzteren, um Verfchiebungen der Teile gegeneinander zu vermeiden. Hier treten aber ähnliche Verhältniffe auf, wie für die Schaftlänge. Das Loch kann fich wegen des Widerftandes des Bleches bei der Erwärmung nicht frei ausweiten, während der heifse Schaft genau den Durchmeffer des Loches annimmt; der warme Niet mufs fich mehr zufammenziehen, als fich das Loch im kälteren Bleche verengt; folglich mufs eine geringe Fugenöffnung entftehen, welche nach gemachten Verfuchen in manchen Fällen allerdings unnachweisbar gering ift, in anderen aber bei guter 195. Ausfüllung des Nietloches.

Ausführung bis zu 2 Vomhundert [86]), bei mangelhafter Ausführung bis zu 5 Vomhundert [87]) fteigt.

In Fällen, wo man der Ausfüllung unbedingt ficher fein mufs, hat man daher die Löcher leicht kegelförmig ausgerieben, die Nietfchäfte nach demfelben Kegel abgedreht und dann den Niet kalt eingezogen. Dafs dabei der Schliefskopf fchlechter ausfällt, ift wegen der fehlenden Längsfpannung im Schafte ungefährlich.

196. Ausführen der Nietung.

Handnietung und Mafchinennietung verteilen fich heute fo, dafs erftere für kleinere Arbeiten und in kleineren Werkftätten die Regel bildet, wo die teuere Anlage der Nietpreffen nicht befchafft werden kann.

Eine Nietrotte für Handnietung befteht aufser dem Schmiedejungen, der die Niete heifs macht und herwirft, mindeftens aus drei Mann, dem Vorarbeiter 1, dem Zufchläger 2 und dem Gegenhalter 3. 3 fetzt zuerft den kalten Stahldorn in das gut paffend gearbeitete Loch, und 1 und 2 treiben ihn mit leichten Hämmern (3 kg) durch, um die Lochwandung zu glätten, jedoch nur, wenn die Lochwandung rauh ift. Die Ränder nicht genau paffender Löcher auf diefe Weife gewaltfam wegzuftauchen, ift durchaus unzuläffig; fie follen mit der Ahle weggerieben oder mit dem Schneckenbohrer weggebohrt werden. Paffende Löcher mit fchlichter Wandung werden überhaupt nicht nachgedornt. 3 fteckt nun den heifsen Niet ein und fetzt den Gegenhalter — Brechftange mit Höhlung für den Setzkopf, Fufsfchraube oder Hebel — auf, und 1 und 2 ftauchen hierauf mit leichten Hämmern den Kopf an, bis er zu faffen anfängt. Nun fetzt 1 den Schellhammer mit der Höhlung für den Schliefskopf auf, und 2 fchlägt nach Anweifung von 1 mit dem fchweren Zufchläger (8 kg) fo lange auf den Schellhammer, bis der Kopf allfeitig voll ausgebildet ift, fo dafs die Kanten des Schellhammers noch leicht in das zu nietende Blech einfchneiden. Die Bildung des Schliefskopfes foll erfolgt fein, folange noch dunkle Rotglut erkennbar ift, da fonft der gute Schlufs in Frage geftellt wird und die Köpfe beim Erkalten von den Rändern her einreifsen. Bei gröfseren Nietungen befteht die Rotte neben dem Nietjungen gewöhnlich aus 4 Mann, indem für die dauernde Arbeit dem Vorarbeiter 1 zwei Zufchläger 2 zugewiefen werden.

Auf die Mafchinennietung hier näher einzugehen, würde hier zu weit führen.

Die Leiftung ift bei Handnietung durch eine Rotte

unter	günftigen	Verhältniffen	600 Niete	von 2 cm	Durchmeffer	in 10 Stunden,
»	mittleren	»	450 »	» 2 »	»	» 10 »
»	ungünftigen	»	200 »	» 2 »	»	» 10 »

Bei Mafchinennietung leiftet eine gut bewegliche Nietpreffe auf der Bauftelle unter günftigen Verhältniffen in 10 Stunden bis 800 Niete von 2,5 cm Durchmeffer bei einem Drucke von 7000 bis 8000 kg, für fehr fchwere Niete bis 15000 kg auf 1 qcm Nietquerfchnitt.

Die Möglichkeit der Handnietung hört mit mäfsig langen Nieten von 2,5 cm Durchmeffer auf, während bei Mafchinennietung alles thatfächlich Vorkommende ohne Schwierigkeit geleiftet werden kann.

Die Koften der Nietung betragen für 100 Stück an Arbeitslohn bei:

	13 bis 16 mm Durchm.	20 bis 23 mm Durchm.	24 bis 29 mm Durchm.
Mafchinennietung . .	1,25 Mark	1,5 Mark	1,7 Mark
Handnietung . . .	3,5 »	4,0 bis 4,5 »	5,0 bis 6,0 »

197. Fertige Niete.

Ein gut ausgeführter Niet, bei welchem der Schaft das Loch voll ausfüllt und die Köpfe feft auffitzen, ift daran zu erkennen, dafs ein elaftifch geführter Hammer bei leichtem Schlage auf den Nietkopf zurückfchnellt, wie vom Ambofs; giebt der Schlag einen klappernden Ton und fpringt der Hammer nicht ab, fo ift der Niet im Loche beweglich und in irgend einer Beziehung mangelhaft gebildet. Solche Niete follen durch Abfprengen eines Kopfes mittels Hammers und Stahlmeifsels befeitigt und durch neue erfetzt werden.

86) Siehe: *Railroad gaz.* 1884, S. 662.

87) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1882, S. 308.

Verbrauch und Gewicht der Niete werden nach den Tabellen für Rundeifen ermittelt, indem man der Schaftlänge zwifchen den Köpfen die Länge von zwei Schaftdurchmeffern für jeden Kopf hinzurechnet.

2) Anordnung der Vernietungen.

Bei der Anordnung und Berechnung von Nietungen kommen die folgenden wefentlichen Punkte in Betracht: 198. Gefichtspunkte.

α) die Stärke und Länge der Nietbolzen;

β) die Feftigkeit der vernieteten Teile an der durch die Nietlöcher gefchwächten Stelle;

γ) die Feftigkeit der vernieteten Teile zwifchen den letzten Nieten und dem Blechrande;

δ) die Reibung zwifchen den verbundenen Teilen;

ε) die Feftigkeit des Nietbolzens;

ζ) der Druck zwifchen dem Umfange des Nietbolzens und der Wandung des Nietloches: der Lochlaibungsdruck, und

η) die verbiegende Wirkung auf den Bolzen.

α) Die Stärke des Nietbolzens hängt in erfter Linie von der Stärke der zu vernietenden Bleche ab. Macht man die Niete zu dünn, fo können fie die Bleche nicht genügend aufeinander preffen; find fie zu ftark, fo üben fie infolge ihrer Längsfpannung zerftörende Drücke auf die Bleche aus. Ift d der Nietdurchmeffer, δ die Stärke eines Bleches, fo foll $\frac{d}{\delta}$ zwifchen 1,75 und 2,50 liegen, gewöhnlich 2 betragen [88]. Nach *Winkler* foll der Durchmeffer für Träger von l Met. Länge 199. Stärke des Nietbolzens.

$$d = (2 + 0{,}005\, l) \text{ Centim.}$$

betragen.

Die für Baukonftruktionen verwendeten Nietforten befchränken fich gegenwärtig auf Durchmeffer von 0,7, 1,0, 1,2, 1,5, 1,6, 1,9, 2,0, 2,3 und 2,5 cm.

Die Länge der Nietbolzen beftimmt fich aus der Dicke und Zahl der zu verbindenden Teile; jedoch find die Vernietungen nach dem früher Gefagten fo anzuordnen, dafs die Schaftlänge das 4-fache des Durchmeffers nicht überfchreitet. Ift eine gröfsere Länge nicht zu umgehen, fo müffen die in Art. 192 u. 194 (S. 143 u. 144) erwähnten Vorfichtsmafsregeln getroffen werden. 200. Länge des Nietbolzens.

β) Die Feftigkeit des durch die Nietlöcher gefchwächten Querfchnittes der verbundenen Teile mufs fchon bei der Feftfetzung der Abmeffungen der letzteren im Auge behalten werden; denn würden fie genau den wirkfamen Kräften entfprechend bemeffen, fo würde die Schwächung durch Nietlöcher Ueberanftrengungen hervorrufen. Streng genommen mufs der Querfchnitt eines Konftruktionsteiles um fo viele Nietlochquerfchnitte zu grofs gemacht werden, wie in den Verbindungs- oder Anfchlufsftellen Niete in einen Querfchnitt nebeneinander zu ftehen kommen. 201. Feftigkeit der vernieteten Teile.

Bei grofse Kräfte übertragenden, dicken Gliedern wird fich der Regel nach aus diefem Gefetze eine ganz unverhältnismäfsige Verftärkung ergeben, wenn man verfucht, die erforderlichen Niete fämtlich nebeneinander zu fetzen, eine Anordnung, welche die gleichmäfsige Beanfpruchung aller Niete zunächft zweck-

[88] Vergl. auch die nähere Befprechung unter η (Art. 206 u. 232).

mäfsig erfcheinen läfst. Man giebt daher letzteren Vorteil meiftens auf — in vielen Fällen, beifpielsweife in fchmalen Bandeifen-, Winkeleifenfchenkeln, ift diefe Stellung auch unmöglich — und ftellt die Niete in n_1 Reihen hintereinander, fo dafs für eine Reihe bei n Nieten überhaupt nur $\frac{n}{n_1}$ Nietlöcher für einen Querfchnitt in Abzug kommen. Theoretifche Erwägungen über die Spannungen in den zu verbindenden Teilen zwifchen den Nietreihen haben die Anficht entftehen laffen, dafs man überhaupt nicht mehr als zwei Nietreihen hintereinander fetzen dürfe; jedoch ift zu betonen, dafs bislang durch die Anordnung von mehr als zwei Nietreihen hintereinander erkennbare Uebelftände nie hervorgerufen find.

Thatfächlich geht man in der Verftärkung noch weiter herunter. Bei gedrückten Teilen nimmt man gewöhnlich an, dafs die Schäfte die Löcher vollkommen ausfüllen, fomit durch die Niete ebenfogut Druck übertragen wird, wie durch den vollen Querfchnitt felbft, und giebt daher gedrückten Teilen meift gar keine Verftärkung. Dies ift um fo mehr zuläffig, weil gedrückte Teile gewöhnlich erhebliche Querfchnittsvergröfserungen zur Verfteifung gegen Zerknicken erhalten, welche in den Anfchlüffen oder in Stöfsen in der Nähe der Enden, wo diefe Gefahr befeitigt oder vermindert ift, die Schwächung durch Nietlöcher ausgleichen.

In gezogenen Konftruktionsteilen von Bandform giebt man der theoretifchen Breite auf Grund der nachfolgend nachgewiefenen Nietftellung nur einen Zufchlag von einem Durchmeffer. Man fetzt bei n zu übertragenden Nietkräften in die erfte Reihe nur einen Niet, der eine Nietkraft überträgt, fo dafs hinter dem Niete noch $n - 1$ Nietkräfte wirken; diefen fteht aber eine $n + 1$ Nietkräften entfprechende thatfächliche Bandbreite gegenüber, fo dafs nun 2 Niete in eine Reihe gefetzt werden können. Nunmehr verbleiben noch $n - 3$ Nietleiftungen zu übertragen; demnach können in das $n + 1$ Nietleiftungen entfprechende Band nun in der dritten Reihe 4 Niete gefetzt werden u. f. w.

Diefe Stellung 1, 2, 4, 8 u. f. w. mufs nach vorn und hinten fymmetrifch ausgebildet werden, wenn Band an Band gefchloffen werden foll; wird aber ein Band an einen viel ftärkeren Konftruktionsteil, z. B. an ein Knotenblech, angefchloffen, der beliebige Schwächung verträgt, fo braucht die Nietftellung nur nach der Seite des Bandes hin auf einen Niet fpitz auszulaufen.

Wenn diefe Nietanordnung auch nicht einwandfrei ift, fo ift fie doch im ganzen von den vorgefchlagenen die zweckmäfsigfte und meift verwendete.

Die hiernach für Bandeifenvernietung aufzuftellenden Regeln lauten: die Niete follen gleichmäfsig zu beiden Seiten der Bandachfe angeordnet fein und in Reihen winkelrecht zu diefer ftehen, deren erfte und unter den oben bezeichneten Verhältniffen auch letzte je einen Niet enthalten, während die folgenden thunlichft eine um je zwei erhöhte Nietzahl bekommen.

Bei der Verbindung breiter, gezogener Bleche kann man derartige Stellungen nicht verwenden; man ordnet hier fo viele gleiche Nietreihen hintereinander an, dafs das Metall zwifchen den Nietlöchern der erften Reihe nicht über beftimmte Grenzen hinaus in Anfpruch genommen wird. In der erften Reihe foll das Metall zwifchen den Nietlöchern denfelben Sicherheitsgrad befitzen, wie die Niete einer Reihe.

In allen diefen Fällen fetzt man die Niete der einen Reihe meift hinter die Mitten der Nietabftände (Teilungen) der anderen; doch wird neuerdings nach Ver-

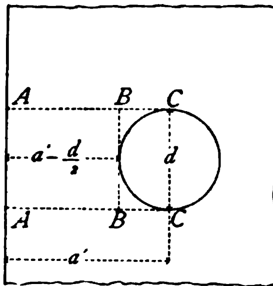
fuchsergebniffen auch befürwortet, die Niete der verfchiedenen Reihen gerade hintereinander zu fetzen.

Beim Anfchluffe oder beim Stofse zufammengefetzter Querfchnitte haben die einzelnen Teile, z. B. Winkeleifen, kleine **E**-Eifen, **T**-Eifen u. f. w., in der Regel zu geringe Breite, um mehrere Niete nebeneinander aufnehmen zu können; die jedem Teile zukommenden Niete müffen daher alle hintereinander gefetzt werden, und man hat jeden folchen Querfchnittsteil um ein Nietloch zu ftark auszubilden.

Der Abftand der Mitte des äufserften Nietes einer Querreihe vom Seiten- (oder unbelafteten) Rande des Bleches foll nicht kleiner als 1,5 d fein, da fonft der dünne, aufserhalb des Loches ftehen bleibende Metallftreifen beim Herftellen des Loches zu leicht zerftört wird.

Hier mag darauf hingewiefen werden, dafs die vielfachen angedeuteten Unklarheiten bezüglich der Verteilung der Spannkräfte auf gröfsere Nietzahlen und die etwa unvollftändig erfcheinende Verftärkung genieteter Glieder ihren zu erwartenden übeln Einflufs auf die Güte der Verbindung durch den Umftand zum Teile verlieren, dafs bei den Berechnungen von Nietungen die fpäter zu erörternde Reibung der verbundenen Teile aufeinander und an den Ringflächen der Nietköpfe faft ftets vernachläffigt wird, daher eine Sicherung der Verbindungen abgibt.

Fig. 416.



202. Feftigkeit am hinteren Rande der Bleche.

γ) Die Feftigkeit des Stoffes zwifchen der letzten Nietreihe und dem hinteren (belafteten) Rande der Bleche ift thatfächlich von einer Beanfpruchung abhängig, ähnlich der im hinteren Schluffe eines Bolzenauges. Die fehr verwickelte rechnerifche Stärkenbeftimmung auf diefer Grundlage führt aber zu unficheren Ergebniffen. Man bemifst die Randbreite gewöhnlich fo, dafs das Abfcheren in den in Fig. 416 punktierten Ebenen mit ebenfo grofser Sicherheit vermieden wird, wie das Zerftören eines anderen Teiles der Verbindung. Diefe Rückficht wird die Grundlage der nachfolgenden Formelaufftellung bilden. Die Streifen $B\,C$ diefer Fugen werden dabei meift nicht in Rechnung geftellt, weil das zwifchen ihnen und dem Loche befindliche Blech bei der Herftellung des Loches in der Regel gelitten hat.

203. Reibung zwifchen den Blechen.

δ) Die Reibung zwifchen den Blechen untereinander und an den Kopfflächen entfteht nach der Herftellungsweife des Nietes aus dem Drucke, welchen die Köpfe infolge der Verkürzung des Nietfchaftes beim Erkalten auf die Bleche ausüben. Sie beträgt $^1/_3$ bis $^1/_2$ [89]) diefes Druckes, entfprechend der Reibungsziffer für nicht geglättete Eifenflächen. Sie ift um fo gröfser, je mehr Reibungsflächen vorhanden find, deren jedoch für einen gefchloffenen Teil eines Gliedes immer nur zwei in Frage kommen können.

Fig. 417.

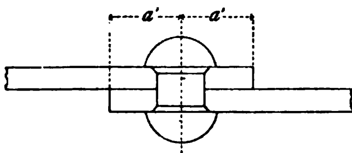


Fig. 418.

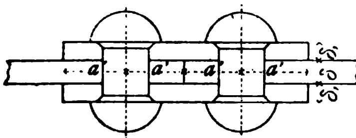
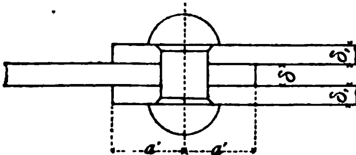


Fig. 419.



Nach den Ergebniffen angeftellter Verfuche find dabei die Platten in Fig. 417 (einfchnittige Nietung) und die äufseren in Fig. 418 u. 419 (zweifchnittige Nietung) in derfelben Lage, wie die inneren in Fig. 418 u. 419, da die Reibung zwifchen Blech und Nietkopf ebenfo grofs ift, wie zwifchen zwei Blechen. Nur

89) In: GRASHOF, F. Theorie der Elafticität und Feftigkeit. 2. Aufl. (Berlin 1878), S. 201 wird diefer Coefficient zu 0,4 angegeben.

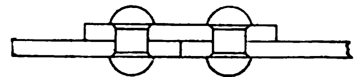
bei sehr langen Nieten treten erhebliche Biegungen des Schaftes auf, welche dann das Auftreten der Reibung am Kopfe verhindern. Im allgemeinen hat also jede genietete Platte zwei Reibungsflächen. Für diese beiden Flächen zusammen ergeben nun die Versuche von *Clark*, *Harcort*, *Lavalley* und *Schichau* [90]) eine Reibung von 700 bis 1400 kg, im Mittel etwa 1200 kg für 1 qcm des Schaftquerschnittes, und man kann daraus bei einer Reibungsziffer von 0,4 auf eine Längsspannung im Niete von im Mittel $\frac{1200}{2} \cdot \frac{1}{0{,}4} = 1500$ kg schliessen. Dass der Schaft bis zur Elastizitätsgrenze gereckt wird, wurde bereits in Art. 194 (S. 144) angenommen. Da diese Reibung sich jedoch bei gleich sorgfältiger Herstellung aller Probeniete ausserordentlich (bis zu 100 Vomhundert) schwankend zeigte, so pflegt man bei Baukonstruktionen auf dieselbe nicht zu rechnen (wohl aber bei gewissen Konstruktionsteilen von Maschinen), sie vielmehr nur als eine Erhöhung der Sicherheit anzusehen.

204. Festigkeit des Nietbolzens.

ε) Die Festigkeit des Nietbolzens ist insofern von unmittelbarem Einflusse auf diejenige der Verbindung, als nach Ueberwindung, bezw. Vernachlässigung der Reibung der Schaft in allen Berührungsebenen der Bleche abgeschert sein muss, bevor die Trennung der Verbindung erfolgen kann. Je nachdem das Abscheren eines (Fig. 417), zweier (Fig. 418 u. 419) oder mehrerer Nietquerschnitte Vorbedingung der Zerstörung ist, nennt man die Nietung ein-, zwei- oder mehrschnittig. Mehr als zweischnittige Niete kommen nur da vor, wo jedes der zu verbindenden Glieder aus mehreren einzelnen Teilen besteht, welche sich alle auf denselben Bolzen hängen. Nach angestellten Versuchen [91]) ist der Widerstand der Niete gegen dieses Abscheren um so geringer, je grösser die Anzahl der Niete und die Anzahl der abzuscherenden Querschnitte jedes Nietes ist, was sich aus der Unmöglichkeit gleichförmiger Kraftverteilung auf alle Niete und Nietquerschnitte natürlich erklärt. Nimmt man zur Vereinfachung der Berechnungen an, dass die Scherspannung sich gleichförmig über den Nietquerschnitt verteilt, was nach *Grashof* [92]) thatsächlich undenkbar ist, so ergeben die verschiedenen Versuche, dass die Scherfestigkeit für einschnittige Niete zwischen 60 und 70 Vomhundert, für zweischnittige zwischen 55 und 65 Vomhundert der Zugfestigkeit des Nietstoffes liegt, nach anderen bis 80 Vomhundert steigt. Keinesfalls soll man daher die Niete mit mehr gleichförmig verteilt gedachter Scherspannung belasten, als mit $^4/_5$ der zulässigen Zugbeanspruchung des Nietstoffes, da die Niete aus besonders gutem Stoffe bestehen, der Regel nach also nicht höher als mit 1000 kg für 1 qcm [93]).

Die Vernietungen sollen thunlichst so angeordnet sein, dass die Mittelkräfte aus den Spannungen der beiden verbundenen Teile in die Mitte der Schaftlänge fallen, damit die Verbindung keine Verbiegung erleidet. Der einseitige Anschluss, die sog. Ueberlappung (Fig. 417), und die einseitige Laschung (Fig. 420) genügen dieser Bedingung nicht, sollen also nach Möglichkeit vermieden werden. Sie sind nicht in allen Fällen zu umgehen; es ist dann gut, die Niete weniger hoch zu belasten [94]). Gute Anordnungen sind die doppelte Verlaschung (Fig. 418) und der doppelte Anschluss (Fig. 419).

Fig. 420.



[90]) Siehe ebendas., S. 201 — ferner: Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1868, S. 450 — endlich: GLASER's Annalen für Gwbe. u. Bauw., Bd. 14, S. 218.

[91]) Siehe: Mitteilungen aus den königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin 1883, Heft 3 — ferner: Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 201 — endlich: GLASER's Annalen f. Gwbe. u. Bauw., Bd. 14, S. 218.

[92]) Theorie der Elasticität und Festigkeit. 2. Aufl. Berlin 1878. S. 128.

[93]) Für Preussen sind die bestehenden gesetzlichen Bestimmungen (siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1895, S. 485 u. 1897, S. 313) in dieser Beziehung massgebend, die übrigens mit denjenigen anderer Länder im wesentlichen übereinstimmen.

[94]) Die genaue rechnerische Behandlung solcher Verbindungen ist zu finden in: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1892, S. 553. — Zeitschr. f. Arch. u. Ing., Wochausg., 1899, S. 249.

Sehr lange Niete erleiden ftarke Biegung; man foll darauf achten, dafs die in gröfserer Zahl anfchliefsenden Teile der verbundenen Glieder fo zu einander geftellt werden, dafs thunlichft je zwei aufeinander liegende Teile von entgegengefetzt gerichteten Kräften beanfprucht find, da das ungünftigfte Biegungsmoment für den Bolzen fo feinen kleinften Wert erreicht. Fig. 421 zeigt eine fchlechtere, Fig. 422 eine beffere Anordnung, auf welche wir unter c (bei den Bolzenverbindungen) ausführlich zurückkommen. Uebrigens ift es notwendig, bei langen Bolzen die Biegungsfpannungen, welche die fchon vorhandenen erheblichen Längsfpannungen des Schaftes vergröfsern, in Betracht zu ziehen, da fie unter Umftänden die gröfste Gefahr bilden. Bei kurzen, dicken Nieten haben fie wenig Einflufs.

Fig. 421.

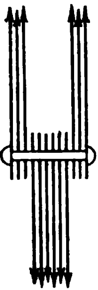
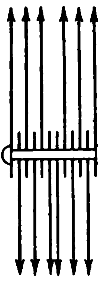


Fig. 422.



ζ) Der Druck zwifchen dem Umfange des Nietbolzens und der Laibung des Loches, der Lochlaibungsdruck, eine namentlich früher häufig überfehene Gefahrquelle, kann eine Verbindung lockern oder zerftören, welche in allen früher erwähnten Beziehungen richtig angeordnet wurde, und zwar dadurch, dafs das Blech hinter dem Nietbolzen zerdrückt wird und feitlich ausquillt, oder dadurch, dafs kleine Bewegungen der auf dem Bolzen hängenden Teile diefen allmählich anfchleifen. Die Druckverteilung zwifchen Bolzen und Lochwandung ift eine folche, dafs fie von ihrem gröfsten Werte im Scheitel des Bolzenquerfchnittes im Sinne der Kraftrichtung bis zu Null an den Enden des zu letzterer rechtwinkeligen Durchmeffers abnimmt. Auch ftatt diefer ungleichförmigen Druckverteilung wird, wie bei der Scherbeanfpruchung, in die Berechnungen eine gleichförmig über den Durchmeffer verteilte Spannung eingeführt, welche nach angeftellten Verfuchen das Mafs von $s'' = 1600$ bis 2000 kg für 1 qcm des Rechteckes aus Blechdicke δ und Nietdurchmeffer d nicht überfchreiten darf [93]), wenn nicht Verdrückungen des Bleches hinter dem Niete entftehen follen. Diefe auf den Durchmeffer verteilt gedachte, thatfächlich in der angenommenen Weife nicht wirkende Spannung nennt man gleichwohl Lochlaibungspreffung, und fie ift namentlich bei geringer Blechftärke für die Anordnung der meiften Kraftnietungen mafsgebend. Soll übrigens der Niet gegen Abfcheren und gegen Eindrücken in das fchwächfte der verbundenen Bleche gleich ficher fein, fo mufs entfprechend den oben feftgefetzten Spannungswerten für einfchnittige Nietung etwa ftattfinden 205. Lochlaibungsdruck.

$$\frac{d^2 \pi}{4} 1000 = d\,\delta \,.\, 1600,$$

oder

$$d = 2{,}04\ \delta,$$

was wieder zu der unter α (Art. 199, S. 147) angegebenen Regel führt.

Ift die Nietung jedoch zweifchnittig, fo müfste ftattfinden: $2 \frac{d^2 \pi}{4} 1000 = d\delta \,.\, 1600$ oder rund $\delta = d$. Da δ aber faft ftets kleiner als d ift, fo wird man in diefem Falle die Nietzahl im allgemeinen nach dem Lochlaibungsdrucke zu beftimmen haben und die Scherfeftigkeit der Niete fomit nicht ausnutzen können.

Hieraus folgt für die weiteren Unterfuchungen, dafs ein einfchnittiger Niet auf Abfcheren berechnet werden mufs, wenn $d < 2\,\delta$, und auf Lochlaibungsdruck, wenn $d > 2\,\delta$ ift; bei zweifchnittiger Nietung ift der Niet auf Abfcheren zu berechnen, wenn $d < \delta$, und auf Lochlaibungsdruck, wenn $d > \delta$ ift.

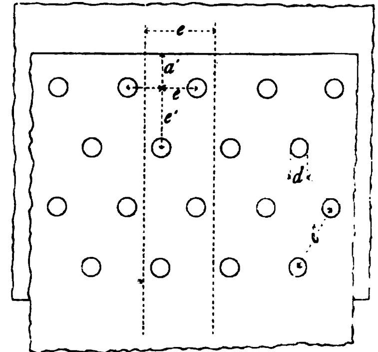
206. Biegung der Bolzen. η) Die Biegung des Nietbolzens durch die entgegengesetzte Richtung der Kräfte in verschiedenen durch den Bolzen verbundenen Teilen bildet, wie schon in Art. 204 (S. 150) hervorgehoben wurde, in vielen Fällen die für die Bolzenbemessung maßgebende Gefahr. Die Biegungsbeanspruchung wächst im umgekehrten Verhältnisse des Quadrates des Durchmessers d und im geraden Verhältnisse der Blechdicke δ. In den meisten Fällen sind Lochlaibungsdruck und Biegung gefährlicher, als Abscherung, so daß der Bolzen dann am besten ausgenutzt wird, wenn er für diese beiden Arten der Beanspruchung gleich sicher ausgebildet wird. Auch diese Rücksicht führt, wie unter c (bei den Bolzenverbindungen) gezeigt werden soll, wieder zu dem in Art. 199 u. 205 festgesetzten Verhältnisse $d : \delta = \backsim 2$.

Hier verdient besonders hervorgehoben zu werden, daß eine über das wegen des Laibungsdruckes erforderliche Maß hinausgesteigerte Dicke der Teile oder Laschen nicht als Verstärkung der Verbindung aufzufassen ist, da sie die Bolzenlänge und damit die Beanspruchung auf Biegung erhöht.

3) Berechnung der Vernietungen.

207. Bezeichnungen. Die Formeln für die Anordnung der Kraftnietungen ergeben sich für die verschiedenen, in Art. 199 bis 206 (S. 147 bis 152) besprochenen, in Rücksicht zu ziehenden Verhältnisse, wie folgt, wenn die zulässige Zugbeanspruchung der genieteten Teile s', die zulässige Scherspannung derselben t', diejenige des Nietstoffes t, der zulässige Lochlaibungsdruck s'', die Nietzahl n, die belastende Kraft P, die Anzahl der Nietreihen n', der Abstand von Nietmitte bis Nietmitte in einer Reihe (Nietteilung) e, derjenige der Reihen voneinander (Reihenteilung) e', der Abstand der äußersten Nietmitten vom Seitenrande a, vom Hinterrande des Bleches a', der Abstand eines Nietes vom nächsten der hinterliegenden Reihe e'', die Blechstärke δ und der Nietdurchmesser d (Fig. 423) genannt werden.

Fig. 423.



208. Durchmesser und Zahl der Nieten. α) Nietdurchmesser und Nietzahl. Für den Durchmesser des Nietbolzens ist für gewöhnlich

$$d = 2\,\delta; \qquad 112.$$

für starke Bleche ist in der Regel d nicht größer als 2,5 cm.

Die Zahl der Niete ist so zu bestimmen, daß die Abscherungsfestigkeit aller Niete gleich P ist. Ist aber $d > 2\,\delta$ für einschnittige Nietungen und $d > \delta$ für zweischnittige, welches letztere Verhältnis in fast allen Fällen eintritt, so wird der Lochlaibungsdruck s'' zu groß (vergl. den Schluß von Art. 205, S. 151); die Nietzahl muß alsdann nach letzterem bestimmt werden.

Es wird

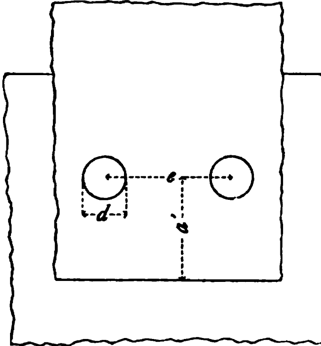
$$n = P \frac{4}{d^2 \pi t} \text{ für einschnittige Niete, } d \lesseqgtr 2\,\delta; \qquad 113.$$

$$n = P \frac{2}{d^2 \pi t} \text{ für zweischnittige Niete, } d \lesseqgtr \delta; \qquad 114.$$

$$n = \frac{P}{d\,\delta\,s''} \quad \begin{cases} \text{für einschnittige Niete, wenn } d > 2\,\delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Niete, wenn } d > \delta. \end{cases} \qquad 115.$$

β) Festigkeit des Bleches zwischen den Löchern einer einreihigen Nietung (Fig. 424). Diese ist mafsgebend für die Teilung e. Die Tragfähigkeit des Bleches zwischen zwei Nietlöchern beträgt $s'\,\delta\left(e - 2\,\frac{d}{2}\right)$, die des Nietes $\frac{d^2\,\pi}{4}\,t$ für einschnittige, $\frac{d^2\,\pi}{2}\,t$ für zweischnittige Nietung und $d\,\delta\,s''$, wenn die Nietzahl mit Rückficht auf Lochlaibungsdruck berechnet werden mufste. Die Tragfähigkeit des Bleches bei ein- und zweischnittiger Nietung ist in einer beide Arten vereinigenden Verbindung (Fig. 418 u. 419) für den einfachen und den doppelten Teil die gleiche, wenn das zweischnittig genietete Blech doppelt so stark ist, wie das einschnittig genietete, also unter der Bedingung, dafs $\delta = 2\,\delta_1$. 209. Festigkeit in einer Nietreihe.

Fig. 424.



Die Gleichungen für e lauten also:

$$\delta\,(e - d)\,s' = \frac{d^2\,\pi}{4}\,t \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \lesseqgtr 2\,\delta; \qquad 116.$$

$$\delta\,(e - d)\,s' = \frac{d^2\,\pi}{2}\,t \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \lesseqgtr \delta; \qquad 117.$$

$$\delta\,(e - d)\,s' = d\,\delta\,s'' \quad \begin{cases} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2\,\delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta. \end{cases} \qquad 118.$$

Die Lösungen lauten:

$$e = d\left(1 + \frac{\pi\,t\,d}{4\,s'\,\delta}\right) \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \lesseqgtr 2\,\delta; \qquad 119.$$

$$e = d\left(1 + \frac{\pi\,t\,d}{2\,s'\,\delta}\right) \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \lesseqgtr \delta; \qquad 120.$$

$$e = d\left(1 + \frac{s''}{s'}\right) \quad \begin{cases} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2\,\delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta. \end{cases} \qquad 121.$$

In diesen Gleichungen kann meist, wegen der besonderen Güte des Nietstoffes, $t = s'$ und für die meisten Fälle $s'' = 1{,}5$ bis $2{,}0\ s'$ gesetzt werden.

Wäre z. B. in Fig. 419, wo offenbar die Aufsenteile einschnittig, der Innenteil zweischnittig genietet sind, unter Einführung von $s' = t$, $s'' = 1{,}5\ s'$ und $\delta_1 = \frac{\delta}{2}$, so ergäbe sich, wenn man zwischen den Blechstärken mittelnd $d = 1{,}5\ \delta$ machte, $d = 3\,\delta_1$; alsdann wäre für die äufseren Bleche in die Formeln δ_1 für δ einzuführen, und es ergäbe sich für die äufseren Bleche, da $d > 2\,\delta_1$, nach Gleichung 121: $e = 2{,}5\ d = 2{,}5 \cdot 3\,\delta_1 = 7{,}5\ \delta_1 = 3{,}75\ \delta$ und für das innere, zweischnittig genietete Blech, da $d > \delta$, gleichfalls $e = 2{,}5 \cdot 1{,}5\ \delta = 3{,}75\ \delta$.

Wäre dagegen, was meist der Fall ist, $\delta_1 > \frac{\delta}{2}$, etwa $= 0{,}7\ \delta$, und dann, wie gewöhnlich, $d = 2\,\delta_1 = 1{,}4\ \delta$, so würde für den einschnittig genieteten Aufsenteil nach Gleichung 119

$$e = 2\,\delta_1\left(1 + \frac{\pi}{4}\,\frac{2\,\delta_1}{\delta_1}\right), \text{ oder } e = 5{,}14\ \delta_1 = \text{rund } 3{,}6\ \delta$$

und für den zweischnittig genieteten Innenteil nach Gleichung 121

$$e = 2{,}5 \cdot 1{,}4\ \delta = 3{,}5\ \delta$$

sich ergeben; das gröfsere beider Mafse mufs ausgeführt werden.

Wie schon oben angedeutet, müssen die Gleichungen 119 u. 120 für den Fall $\delta_1 = \frac{\delta}{2}$, wenn also in die Gleichung 119: $\frac{\delta}{2}$ statt δ eingeführt wird, beide dasselbe ergeben; denn die Hälfte des Mittelteiles ist dann gleich mit einem Aufsenteile.

Es liegt in der Natur der Sache, dafs in der Nietung die Festigkeit des vollen Bleches unmöglich gewahrt bleiben kann; der Grad der Festigkeit der Vernietung wird gemessen durch $f = \frac{e - d}{e}$, also im zweiten der obigen Beispiele für die Aufsenteile durch

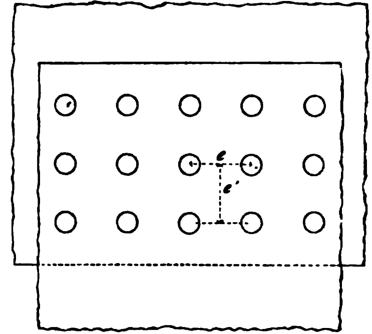
$$f = \frac{5{,}14\ \delta_1 - 2\ \delta_1}{5{,}14\ \delta_1} = 0{,}61$$

und für den Innenteil durch

$$f = \frac{3{,}6\ \delta - 1{,}4\ \delta}{3{,}6\ \delta} = 0{,}61.$$

Zum Zwecke der Vermeidung der bei einreihiger Nietung hieraus folgenden, übermäfsigen Verbreiterung der Teile ist die schon oben erwähnte Nietstellung eingeführt, welche die Niete in mehrere Reihen, und zwar in die erste und letzte je einen Niet und in die nach der Mitte zu folgenden Reihen thunlichst je zwei Niete mehr, setzt, und bei der man den Stab dann nur um d gegen den theoretischen Querschnitt verbreitert.

Fig. 425.



Wird der Wert f bei einreihiger Nietung zu klein, oder ist es überhaupt unmöglich, n Niete in der Breite b unterzubringen, so geht man zur mehrreihigen Nietung der Reihenzahl n' über (Fig. 423 u. 425). Alsdann werden n' Niete in die Teilungsbreite geschlagen; folglich sind die Gleichungen für e:

$$\delta\, s' (e - d) = n' \frac{d^2 \pi}{4} t \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \lesseqgtr 2\,\delta; \quad 122.$$

$$\delta\, s' (e - d) = 2\, n' \frac{d^2 \pi}{4} t \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \lesseqgtr \delta; \quad 123.$$

$$\delta\, s' (e - d) = n'\, d\, \delta\, s'' \quad \begin{cases} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2\,\delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung } d > \delta. \end{cases} \quad 124.$$

Die Lösungen lauten:

$$e = d \left(1 + \frac{n' \pi\, t\, d}{4\, s'\, \delta}\right) \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \lesseqgtr 2\,\delta; \quad 125.$$

$$e = d \left(1 + \frac{n' \pi\, t\, d}{2\, s'\, \delta}\right) \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \lesseqgtr \delta; \quad 126.$$

$$e = d \left(1 + \frac{n'\, s''}{s'}\right) \quad \begin{cases} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2\,\delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta. \end{cases} \quad 127.$$

Für das erste obiger Beispiele ist für eine dreireihige Nietung und für die oben angegebenen Spannungsverhältnisse $n' = 3$, $\delta_1 = \frac{\delta}{2}$ und $d = 1{,}5\ \delta = 3\ \delta_1$, also für die Aufsenteile nach Gleichung 127: $e = 3\ \delta_1 (1 + 3 \cdot 1{,}5) = 16\ \delta_1 = 8{,}25\ \delta$ und für den Innenteil nach Gleichung 119: $e = 1{,}5\ \delta\ (1 + 3 \cdot 1{,}5) = 8{,}25\ \delta$. Im zweiten Beispiele wird $n' = 3$, $\delta_1 = 0{,}7\ \delta$ und $d = 2\ \delta_1 = 1{,}4\ \delta$, also für die Seitenteile nach Gleichung 125: $e = 2\ \delta_1 \left(1 + \frac{3\,\pi}{4} \frac{2\ \delta_1}{\delta_1}\right) = 11{,}42\ \delta_1 = 11{,}42 \cdot 0{,}7\ \delta =$ rund $8\ \delta$ und für den Mittelteil nach Gleichung 127: $e = 1{,}4\ \delta\ (1 + 3 \cdot 1{,}5) = 7{,}7\ \delta = 11\ \delta_1$.

Der Sicherheitsgrad $f = \frac{e - d}{e}$ ist im zweiten Beispiele für die Aufsenteile $\frac{11{,}42\,\delta_1 - 2\,\delta_1}{11{,}42\,\delta_1} = 0{,}825$, für den Innenteil $\frac{8\,\delta - 1{,}4\,\delta}{8\,\delta} = 0{,}867$.

Der höchste zulässige Wert für e in aufeinander liegenden, nicht sehr steifen Teilen ist $e = 8d$ bis $10d$, da bei weiterer Stellung der Niete namentlich schwache Bleche zwischen den Nieten voneinander klaffen und so dem Roste eine sehr gefährliche Angriffsstelle bieten. Mit der Blechstärke und allgemein mit der Steifigkeit der Teile nimmt diese Grenze für e ab.

Der Abstand a der Mitte des letzten Nietes vom Seitenrande des Bleches muss statisch $0{,}5\,e$ betragen. Ist dieser Wert aber kleiner als $1{,}5\,d$, so macht man $a = 1{,}5\,d$, da man zur Herstellung des Loches aussen eines Blechstreifens etwa von der Breite d bedarf. Andererseits hält man als obere Grenze für a den Wert $2{,}5\,d$ fest, da die Blechränder aufklaffen, wenn die ersten Niete zu weit vom Rande stehen.

210. Festigkeit am hinteren Blechrande.

γ) Die Festigkeit des Bleches zwischen der letzten Nietreihe und dem hinteren (belasteten) Blechrande muss das Ausscheren des Nietes nach Fig. 416 verhindern. Der zulässige Widerstand des Bleches ist $2\left(a' - \frac{d}{2}\right)\delta\, t'$, und die Gleichungen, welche durch gleiche Sicherheit gegen Abscheren im Bleche und Abscheren des Nietes einerseits, Lochlaibungsdruck andererseits bedingt werden, lauten:

$$2\left(a' - \frac{d}{2}\right)\delta\, t' = \frac{d^2\pi}{4}\, t \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \lesseqgtr 2\,\delta; \quad 128.$$

$$2\left(a' - \frac{d}{2}\right)\delta\, t' = 2\,\frac{d^2\pi}{4}\, t \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \lesseqgtr \delta; \quad 129.$$

$$2\left(a' - \frac{d}{2}\right)\delta\, t' = d\,\delta\, s'' \quad \begin{cases}\text{für einschnittige Nietung, } d > 2\,\delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta,\end{cases} \quad 130.$$

oder:

$$a' = d\left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{8}\,\frac{t}{t'}\,\frac{d}{\delta}\right) \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \lesseqgtr 2\,\delta; \quad 131.$$

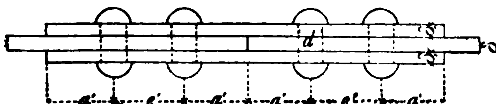
$$a' = d\left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{4}\,\frac{t}{t'}\,\frac{d}{\delta}\right) \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \lesseqgtr \delta; \quad 132.$$

$$a' = d\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\,\frac{s''}{t'}\right) \quad \begin{cases}\text{für einschnittige Nietung, } d > 2\,\delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta.\end{cases} \quad 133.$$

Hierin kann gewöhnlich $\frac{t}{t'} = \frac{5}{4}$ und $\frac{s''}{t'} = 1{,}9$ gesetzt werden.

Im zweiten der obigen Beispiele wird für die Aussenteile (siehe Fig. 419) nach Gleichung 131 $a' = 2\,\delta_1\left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{8}\,\frac{5}{4}\,\frac{2\,\delta_1}{\delta_1}\right) = 2{,}96\,\delta_1$; ferner wird für den Innenteil nach Gleichung 133 $a' = 1{,}4\,\delta\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\,1{,}9\right) = 2{,}03\,\delta = 2{,}03\,\frac{\delta_1}{0{,}7} = 2{,}9\,\delta_1$. Unter Umständen kann a' in verschiedenen Teilen einer Verbindung sehr verschiedene Werte annehmen.

Fig. 426.



Dieser Randabstand kommt auch bei den mehrreihigen Nietungen für den Reihenabstand e' (Fig. 425) in Frage, wenn die Niete in den Reihen nicht versetzt sind (Fig. 425 u. 426); für solche muss offenbar $e' = a' + \frac{d}{2}$ sein, und die entsprechenden Gleichungen lauten daher:

$$e' = d\left(1 + \frac{\pi}{8}\,\frac{t}{t'}\,\frac{d}{\delta}\right) \text{ für einſchnittige Nietung, } d \gtreqless 2\,\delta; \quad . \quad . \quad . \quad 134.$$

$$e' = d\left(1 + \frac{\pi}{4}\,\frac{t}{t'}\,\frac{d}{\delta}\right) \text{ für zweiſchnittige Nietung, } d \gtreqless \delta; \quad . \quad . \quad . \quad 135.$$

$$e' = d\left(1 + \frac{1}{2}\,\frac{s''}{t'}\right) \begin{cases}\text{für einſchnittige Nietung, } d > 2\,\delta, \text{ und} \\ \text{für zweiſchnittige Nietung, } d > \delta.\end{cases} \quad . \quad . \quad 136.$$

Sind jedoch die Niete in den Reihen verſetzt, wie in Fig. 423, ſo fällt dieſe Rückſicht weg; man macht dann meiſt $e'' = e$, alſo $e' = 0{,}866\ e$. Das mit Bezug auf die Herſtellung der Löcher einzuhaltende geringſte Maſs von e' iſt $2{,}5\ d$, welches Maſs dann ausgeführt wird, wenn die Formeln kleinere Werte ergeben.

211. Reibung zwiſchen den Blechen.

δ) Die Reibung der Bleche aufeinander, welche nach dem in Art. 203 (S. 149) Geſagten auch bei einſchnittigen Nietungen (Fig. 417 u. 420) in zwei Ebenen für jedes Blech auftritt und unter dieſer Bedingung bei ſorgfältiger Ausführung im Mittel 1200 kg für 1 qcm des Nietquerſchnittes beträgt, kommt nur bei ſolchen Verbindungen in Rechnung, welche auch bei unvollſtändiger Ausfüllung der Löcher durch die Niete nicht nachgeben dürfen. Solche Teile (Hängeſtangen für Decken, Geſtänge etc.) werden ſo berechnet, daſs die Reibung in dem Augenblicke überwunden wird, in welchem im Bleche die Elaſtizitätsgrenze s_e erreicht wird. Dies führt zur Gleichung für die Nietzahl

$$n = P\,\frac{1}{300\,d^2\,\pi}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 137.$$

und für die Teilung

$$\frac{d^2\,\pi}{4}\,1200 = (e - d)\,\delta\,s_e,$$

oder

$$e = d\left(1 + \frac{300\,\pi\,d}{s_e\,\delta}\right), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 138.$$

alſo für $\delta = \frac{d}{2}$ und s_e (für gewöhnliches Schmiedeeiſen) = 1500 kg auf 1 qcm

$$e = 2{,}25\ d. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 139.$$

Für dieſe Nietungen muſs die Teilung im allgemeinen etwas enger ſein, als wenn die Scherfeſtigkeit der Niete in Betracht gezogen wird.

Unter Benutzung der Formel 138 kann hier die unter β angewendete Behandlung von ein- und mehrreihigen Nietungen gleichfalls durchgeführt werden.

Nietſtellungen in Reihen, deren Nietzahl 1 in der erſten und letzten um je 2 in jeder Reihe nach der Mitte, bezw. dem Ende zunimmt, werden hier nicht verwendet, weil die Nietverteilung zur Erzielung gleichmäſsiger Reibung über die ganze Fugenfläche gleichförmig ſein muſs.

212. Feſtigkeit des Nietbolzens.

ε) Die Feſtigkeit des Nietbolzens iſt in den obigen Formeln bereits dadurch genügend berückſichtigt, daſs ſeine Scherfeſtigkeit, oder der zuläſſige Umfangsdruck der Abmeſſung der Nietteilung zu Grunde gelegt wurde. Vorteilhaft für die Feſtigkeit des einzelnen Bolzens iſt eine thunlichſt geringe Nietzahl, weshalb man bei Kraftnietungen den Durchmeſſer ſo weit ſteigern ſoll, wie die obigen Regeln erlauben. In zweiſchnittigen Nietungen wird der Scherwiderſtand jedes Querſchnittes bei guter Ausführung nur mit 90 Vomhundert desjenigen der einſchnittigen Nietung angegeben, weil es nicht möglich iſt, beide Querſchnitte ganz gleich zu beanſpruchen.

ζ) Der Druck zwifchen Bolzenumfang und Lochlaibung, deffen Steigerung über ein beftimmtes Mafs (höchftens 2000 kg für 1 qcm des Rechteckes aus Blechftärke und Bolzendurchmeffer) unzuläffig ift, wurde durch obige Formelaufftellung für alle Abmeffungen berückfichtigt, kommt aber nur in Frage, wenn das Verhältnis $\frac{d}{\delta}$ grofs ift. 213. Druck am Bolzenumfang.

4) Nietverbindungen.

α) Der einfeitige Anfchlufs. Fig. 417, 427 u. 428 zeigen diefe Verbindung für zwei fchmale Stäbe unter der Laft P. Es entfteht ein Drehmoment $P\,\delta$, welches bei fchlotternden Nieten (Fig. 427) durch Verdrehen diefer und einfeitiges Anlegen ihrer Köpfe ein Gegenmoment $Q \,.\, 1{,}5\,d$ erzeugt, das fo lange wächft, bis beide fich aufheben. Hiernach ift $Q = \frac{P\,\delta}{1{,}5\,d}$, und der Nietfchaft wird im Kopfanfatze vom Moment $\frac{P\,\delta}{1{,}5\,d} \cdot \frac{1{,}5\,d}{2} = \frac{P\,\delta}{2}$ gebogen und von der Kraft $\frac{P\,\delta}{1{,}5\,d}$ gezogen. Die Biegungsfpannung σ_1 folgt aus $\frac{P\,\delta}{2} = \frac{\sigma_1\,d^3\,\pi}{32}$ mit $\sigma_1 = \frac{16\,P\,\delta}{\pi\,d^3}$, und die Zugfpannung σ_2 aus $\frac{P\,\delta}{1{,}5\,d} \cdot \frac{1}{\frac{d^2\,\pi}{4}} = \frac{8\,P\,\delta}{3\,\pi\,d^3}$. Im Niet entfteht alfo eine Zufchlagfpannung $\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 = \frac{56\,P\,\delta}{3\,\pi\,d^3}$, oder für $\delta = \frac{d}{2}$ ift $\sigma = \frac{28\,P}{3\,\pi\,d^2}$. Der Niet ift auf $P = \frac{d^2\,\pi}{4}\,t$ berechnet; fonach wird 214. Einfeitiger Anfchlufs.

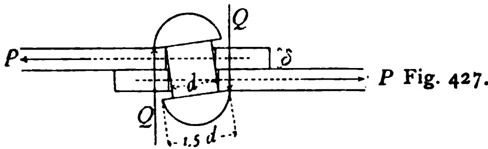
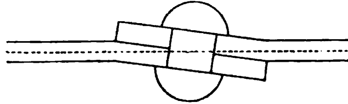


Fig. 427.


Fig. 428.

$$\sigma = \frac{28}{3\,\pi\,d^2}\,\frac{d^2\,\pi}{4}\,t = \frac{7}{3}\,t.$$

Die Schubfpannung t ift der Regel nach zu $\frac{4}{5}$ der zuläffigen Zugfpannung s' anzufetzen; demnach ergiebt fich $\sigma = \frac{7}{3} \cdot \frac{4}{5}\,s' = \frac{28}{15}\,s'$ oder beinahe $= 2\,s'$.

Ein fchlotternder Niet wird nun zwar eben wegen diefes Zuftandes keine wefentliche Längsfpannung aus der Erkaltung befitzen; immerhin ift aber die oben nachgewiefene Beanfpruchung eine fehr gefährliche.

Schlottern die Niete nicht, füllen fie vielmehr das Loch ganz aus, oder ift infolge der oben nachgewiefenen Spannungen ein Nietkopf verbogen oder abgefprengt, fo wirkt nun das Moment $\sigma\,\delta$, allmählich abnehmend, biegend auf die Bleche ein, bis die beiden P in eine Gerade fallen. Als Breite des Stabes kann das Teilungsmafs e einer breiteren Nietung eingeführt werden. Die Biegungsfpannung im Bleche σ ergiebt fich aus $\frac{\sigma\,e\,\delta^2}{6} = P\,\delta$ zu $\sigma = \frac{6\,P}{e\,\delta}$. Wegen der notwendigen Feftigkeit des Stabes ift in der Nietung

$$P = \delta\,(e - d)\,s', \text{ alfo } \sigma = \frac{6\,\delta\,(e - d)\,s'}{e\,\delta} \text{ oder } \sigma = 6\,s' - 6\,s' \cdot \frac{d}{e}.$$

Nun ift nach Gleichung 119, wenn $t = s'$ gefetzt wird, $e = d\left(1 + \frac{\pi}{4}\,\frac{d}{\delta}\right)$, fomit

$$\sigma = 6\, s' \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{\pi}{4}\,\frac{d}{\delta}}\right).$$

Wird fonach der Mittelwert $\frac{d}{\delta} = 2$ eingeführt, fo ergiebt fich

$$\sigma = 3{,}66\, s'.$$

Durch die Biegung allein wird demnach die zuläffige Beanfpruchung s' im Stabe weit überfchritten. Wenn nun auch keiner der Grenzfälle in Fig. 427 u. 428 wirklich auftritt[95]), fondern eine Vereinigung beider, welche die beiden berechneten Spannungen jede nur zum Teile hervorruft, fo mufs doch die in Rede ftehende Verbindung zur Uebertragung grofser Kräfte als bedenklich bezeichnet und foll auf diejenigen Fälle befchränkt werden, in denen fie wegen niedriger Beanfpruchung der Teile unbedenklich ift.

Auch mehrreihige Nietung ift beim einfchnittigen Anfchluffe möglich. Die Anordnung ergiebt fich aus den obigen Gleichungen.

215. Zweifeitiger Anfchlufs.

β) Der zweifeitige Anfchlufs (Fig. 419) vermeidet die Uebelftände des einfeitigen; denn wenn man die Verbindung in der Mittelebene durchfchneidet, fo entftehen in den beiden Hälften zwei Drehmomente der obigen Art, welche fich gegenfeitig aufheben. Hat, wie es die Regel bildet, jeder der vereinigten Teile diefelbe Kraft P zu beiden Seiten der Verbindung zu tragen, fo ift der Querfchnitt beider Teile theoretifch gleich zu machen; dabei wird aber die Stärke der einzelnen Teile des doppelten Gliedes für die Ausführung meift zu gering, und man macht daher (Fig. 416) die Stärkenfumme des doppelten Teiles $2\,\delta_1$ etwas gröfser, als die Stärke δ. Die Nietung kann einreihig und mehrreihig fein. Wenn jedoch die Abmeffungen für die einfchnittig angefchloffenen Teile des Doppelgliedes andere werden, als für den zweifchnittig angefchloffenen Mittelteil, fo mufs man, da verfchiedene Anordnungen in den verfchiedenen Teilen wegen der durchgehenden Niete unmöglich find, diejenigen Mafse für alle Teile durchführen, welche für den einen Teil genügen, dem anderen zu grofse Stärke geben.

Von den obigen Formeln find für die Aufsenteile die für einfchnittige, für die Innenteile die für zweifchnittige Nietungen aufgeftellten mafsgebend. Die Wiederholung diefer Verbindung giebt fchliefslich die fymmetrifche Vereinigung vielteiliger Glieder nach Fig. 419, bei welcher auch die Aufsenglieder als einfchnittig, die Innenglieder als zweifchnittig angefchloffen zu betrachten find. Haben die vereinigten Teile ungleiche Kräfte zu übertragen, fo mufs die Vernietung nach den die gröfsten Kräfte enthaltenden bemeffen werden, was für die fchwächeren dann leicht recht ungünftige Verhältniffe bedingt.

Da jedoch die einzelnen Bolzen in folchen vielteiligen Verbindungen fehr lang werden, fo ift in derartigen Fällen in der Regel die Verwendung von Schraubenbolzen vorzuziehen, deren Stärkenbemeffung für folche Fälle unter c befprochen wird.

216. Einfeitige Verlafchung.

γ) Die einfeitige Verlafchung (Fig. 420) ift nur eine zweifache Aneinanderreihung des einfeitigen Anfchluffes und hat daher diefelben Nachteile, kann übrigens in derfelben Weife berechnet werden wie diefer. Diefe Art der Verbindung ift gleichfalls auf untergeordnete und die unvermeidlichen Fälle zu befchränken.

95) Dafs diefe Unterfuchungen nicht ftreng richtig und zu ungünftig find, wurde mehrfach nachgewiefen. Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1892, S. 553. — Zeitfchr. f. Arch. u. Ing., Wochausg., 1899, S. 249.

δ) Die doppelte Verlaſchung (Fig. 418) iſt wieder frei von den gerügten Mängeln, da ſie zur Mittellinie ſymmetriſch iſt. Auch ſie kann einreihig oder mehrreihig (Fig. 423) nach den obigen Formeln ausgeführt werden. Theoretiſch müſste die Stärke der Laſchen zuſammen gleich derjenigen des Bleches ſein; in der Regel wird aber δ_1 etwas gröſser als $\frac{\delta}{2}$ gemacht. 217. Doppelte Verlaſchung.

Beiſpiel. Ein Flacheiſenband von der Dicke $\delta = 1{,}8$ cm ſoll mit doppelten Laſchen von der Dicke $\delta_1 = 1{,}0$ cm und Nieten vom Durchmeſſer $d = 2{,}0$ cm an ein 1,5 cm ſtarkes Knotenblech angeſchloſſen werden; die Belaſtung beträgt 21000 kg. Die Spannungswerte ſeien angenommen mit $s' = 700$ kg für 1 qcm, $t = s'$, $\frac{s''}{s'} = 1{,}5$, $\frac{s''}{t'} = 1{,}9$ und $\frac{t}{t'} = \frac{1{,}9}{1{,}5} =$ rund $\frac{5}{4}$. 218. Beiſpiel.

Die theoretiſche Stabbreite beträgt $b = \frac{21000}{700} = 30$ cm. Die Nietzahl für die Laſchen ergiebt ſich nach Gleichung 113: $n = \frac{4 \cdot \frac{1}{2}\, 21000}{2^2 \cdot 3{,}14 \cdot 700} = 4{,}8$, für das Blech nach Gleichung 115: $n = \frac{21000}{2 \cdot 1{,}5 \cdot 1100} = 6{,}4$. Demnach müſſen 7 Niete geſetzt werden. Thatſächlich betragen die Scherſpannung im Niete nur $\frac{21000 \cdot 4}{2^2 \cdot 3{,}14 \cdot 7 \cdot 2}$ $= 478$ kg und der Lochlaibungsdruck $\frac{21000}{7 \cdot 2 \cdot 1{,}5} = 1000$ kg. Werden in die Formeln gleichwohl die obigen Verhältniszahlen eingeführt, ſo wird die Verbindung in allen Teilen auf ermäſsigte Spannungen, aber mit überall gleicher Sicherheit konſtruiert. 7 Niete in eine Reihe zu ſetzen iſt nicht angängig, da die Verbreiterung dadurch zu groſs würde; deshalb wird zweireihige Vernietung ($n' = 2$) angenommen.

In den Laſchen iſt dann nach Gleichung 125: $e = 2\left(1 + \frac{2 \cdot 3{,}14}{4}\, 1\, \frac{2}{1}\right) = 8{,}28$ cm, im Bleche nach Gleichung 127: $e = 2\,(1 + 2 \cdot 1{,}5) = 8$ cm; daher wird $e = 8{,}3$ cm ſein müſſen, und die wirkliche Breite, wenn 4 und 3 Niete in je eine Reihe kommen, $4 \cdot 8{,}3 = 33{,}2$ cm.

Der hintere Randabſtand a' der Laſchen wird nach Gleichung 131: $a' = 2\left(\frac{1}{2} + \frac{3{,}14}{8}\,\frac{5}{4}\,\frac{2}{1}\right) = 2{,}96$ cm und derjenige im Bleche nach Gleichung 125: $a' = 2\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\, 1{,}9\right) = 2{,}9$ cm; der Randabſtand wird alſo überall mit dem Mindeſtmaſse $1{,}5\, d = 3$ cm ausgeführt. Der Reihenabſtand wird in den Laſchen nach Gleichung 134: $e' = 2\left(1 + \frac{3{,}14}{8}\,\frac{5}{4}\,\frac{2}{1}\right) = 3{,}96$ cm, im Bleche nach Gleichung 136: $e' = 2\,(1 + 2 \cdot 1{,}9)$ $= 3{,}9$ cm. Beide ſind kleiner als $2{,}5\, d$; hier wird alſo das Mindeſtmaſs $e' = 2{,}5\, d = 2{,}5 \cdot 2 = 5$ cm ausgeführt.

Demnach ergeben ſich die Verhältniſſe, wie ſie Fig. 429 darſtellt. Der Sicherheitsgrad der Verbindung iſt nach der Formel $f = \frac{e - d}{e} = \frac{8{,}3 - 2}{8{,}3} = 0{,}76$, gegenüber der theoretiſchen Stabbreite von 30 cm jedoch $\frac{33{,}2 - 4 \cdot 2}{30} = 0{,}84$.

Nach der Nietordnung mit wachſender Zahl der Niete in den Reihen würde man hier nach der Folge 1, 2, 3, 2 unter Zugabe eines Nietes oder nach 2, 3, 2 zu ſetzen haben. Die Stabbreite wird dabei $30 + d = 32$ cm gewählt, und wegen der Nietzahl 3 in einer Reihe bei dem gröſsten Randabſtande von 5 cm $= 2{,}5\, d$ ergäbe ſich eine Teilung von $\frac{32 - 10}{2} = 11$ cm, alſo gröſser, als die aus der Formel folgende. Nach den übrigen oben beſtimmten Maſsen ergeben ſich die beiden Nietungen in Fig. 430 u. 431, von denen die letztere den Uebergang zur dreifachen Reihennietung bildet.

Die Reihe der gewöhnlichen Nietverbindungen iſt hiermit abgeſchloſſen; es bleibt nur noch etwas über die Verbindungen nicht ebener Teile hinzuzufügen. 219. Verbindung von Rohren.

Verbindungen für Blechrohre werden meiſt mit einſeitiger Verlaſchung oder einſeitigem Anſchluſſe, genau nach den obigen Regeln, ſowohl in der Quer-, wie in den Längsfugen, unter Berückſichtigung der etwa in beiden verſchiedenen Kraftwirkungen hergeſtellt. Doch iſt vor dieſer Art der Stoſsausbildung zu warnen, wenn erhebliche Kräfte wirken, wie in Keſſelwandungen, in der Wand groſser cylindriſcher

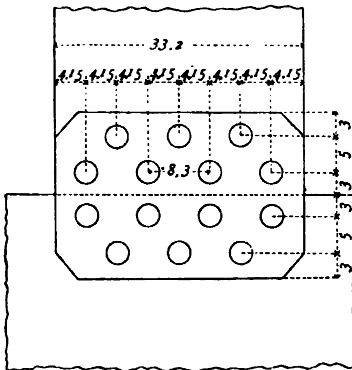


Fig. 429.

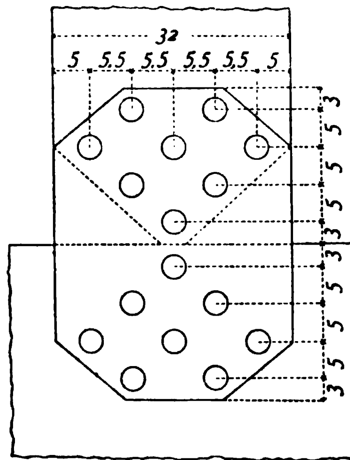


Fig. 430.

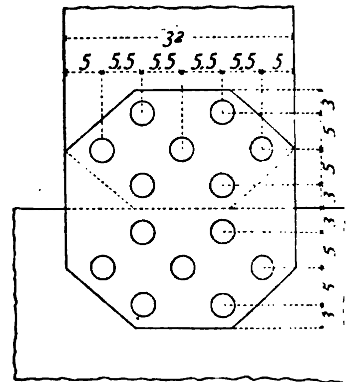


Fig. 431.

Waſſerbehälter u. ſ. w. In ſolchen Fällen ſollte man ausſchlieſslich doppelte Verlaſchung verwenden.

220. Verbindung von Formeiſen. Formeiſen können faſt durchweg nur dadurch verbunden werden, daſs man jeden einzelnen Teil mittels geſonderter Blechſtreifen einſeitig oder zweiſeitig verlaſcht, wobei dann die Verlaſchung zweckmäſsig für jeden Teil geſondert berechnet wird. Die Teile ſolcher Querſchnittsformen ſind jedoch meiſt ſo ſchmal, daſs nicht mehrere Niete nebeneinander in ihnen Platz finden; man iſt dann gezwungen, alle für einen Teil erforderlichen Niete in eine Linie hintereinander zu ſetzen.

Am häufigſten kommen Winkeleiſenverbindungen vor, welche nach Fig. 432 bis 435 auf vier verſchiedene Weiſen ausgeführt werden können.

Von dieſen iſt die Verbindung in Fig. 432 die ſtärkſte, aber wegen der hohen Koſten der beſonders zu walzenden Formlaſche nur höchſt ſelten. Die nächſtbeſte iſt die in Fig. 434, da die Laſchen ſich auf die ebenen Winkeleiſenflächen legen, ſtärker ſind als das Winkeleiſen und einen kurzen Abſtand *b* (Wurzelmaſs) der Niete von der Winkeleiſen-Auſsenecke geſtatten. Alsdann folgt zunächſt die Verbindung in Fig. 433, welche die angeführten Vorteile wenigſtens für einen Schenkel wahrt und dann an die Stelle der Anordnung in Fig. 434 treten muſs, wenn der zweite Schenkel an einem anderen Konſtruktionsteile anliegt; das Wurzelmaſs *b* muſs hier in dem auſsen verlaſchten Schenkel wegen der Innenlaſche des anderen Schenkels in ungünſtiger Weiſe vergröſsert werden, was in beiden Schenkeln geſchieht, weil man einerſeits verſchiedene Wurzelmaſse in den Schenkeln zu vermeiden ſucht, andererſeits ein kurzes Wurzelmaſs in dem innen verlaſchten Schenkel höchſt ungünſtige Nietſtellung in der Innenlaſche hervorriefe. Am wenigſten gut, aber dann oft nicht zu umgehen, wenn das Winkeleiſen an zwei anderen Teilen anliegt (d. h. in Eckverbindungen), iſt die Verbindung in Fig. 435, da von allen für Fig. 434 angeführten Vorteilen hier das Gegenteil eintritt. Die Laſchen müſſen hier dicker gemacht werden, als die Schenkel, alſo $\delta_1 > \delta$. Was die Nietſtellung anlangt, ſo ſetzt man die Niete des einen Schenkels auf die Mitten oder Viertel der Teilung des anderen, weil einander gegenüber ſtehende Niete oft gar nicht Platz haben, jedenfalls nur mit Mühe eingebracht und ſchlecht ausgebildet werden können. Da ein Niet in einem Schenkel das Winkeleiſen um ſo unſymmetriſcher macht und die Kraftübertragung um ſo weiter vom

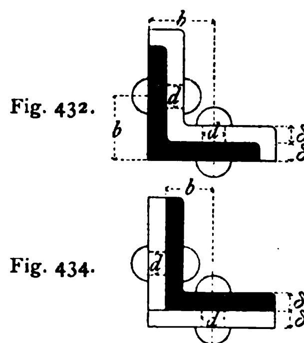


Fig. 432.

Fig. 434.

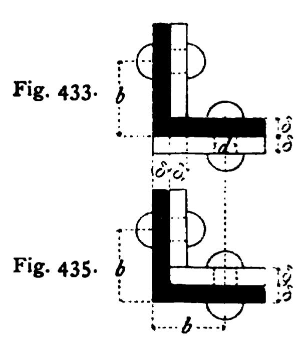


Fig. 433.

Fig. 435.

Schwerpunkte verlegt, je näher der Niet dem Aufsenrande fitzt, fo foll das Wurzelmafs fo klein wie möglich gewählt werden, und zwar ift zu machen:

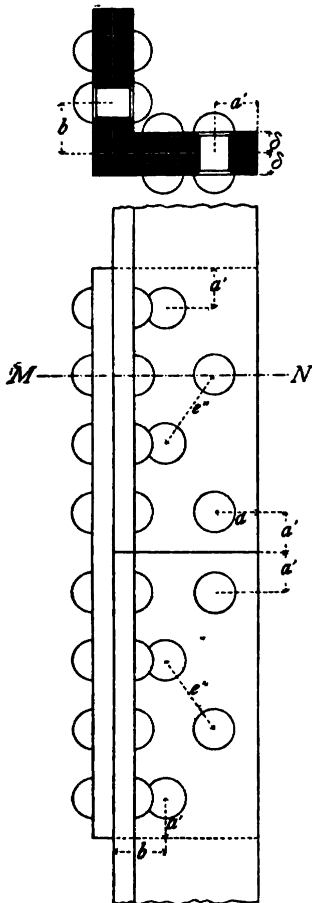
$b = 1 + \delta + 0{,}75\, d$, wenn keine Lafche im Winkeleifen liegt (Fig. 434) . . . . 140.

$b = 1 + \delta + \delta_1 + 0{,}75\, d$, wenn eine oder zwei Innenlafchen da find (Fig. 432, 433 u. 435) . 141.

Soll z. B. ein Winkeleifen von $10 \times 10 \times 1{,}4$ cm nach Fig. 434 mit $2{,}5$ cm Nietdurchmeffer verlafcht werden, fo ift das zugehörige Wurzelmafs $b = 1 + 1{,}4 + 0{,}75 \cdot 2{,}5 =$ rund $4{,}3$ cm. Soll aber die Verlafchung nach Fig. 435 mit $1{,}6$ cm ftarken Lafchen erfolgen, fo wird das Wurzelmafs $b = 1 + 1{,}4 + 1{,}6 + 0{,}75 \cdot 2{,}5 = 5{,}9$ cm.

Fig. 436.

Schnitt *M N*.



Handelt es fich nun aber um fehr breite Winkeleifen (Fig. 433), fo rücken die Niete nach diefer Bemeffung des Wurzelmafses fo nahe nach der Ecke, dafs die Lafchen aufsen abklaffen; man giebt dann dem einen Niete das vorgefchriebene Wurzelmafs und fetzt den nächften um $1{,}5\, d$ vom Aufsenrande. Dabei ftellt man, wenn nicht befondere Rückfichten eine beftimmte Teilung vorfchreiben, zwei benachbarte in die fchräg gemeffene Entfernung $e'' = 3\, d$ (Fig. 436, Grundrifs); alsdann mufs ein äufserer Niet des einen einem inneren des anderen Schenkels gegenüberftehen, da fonft die Ausbildung unmöglich wird (Fig. 436, Schnitt *MN*).

Soll auf diefe Weife ein Winkeleifen von $13 \times 13 \times 1{,}4$ cm mit Nieten von $2{,}5$ cm Durchmeffer verlafcht werden, welches nach Abgang eines Nietloches mit 800 kg auf 1 qcm belaftet ift, fo ift die für einen Schenkel zu übertragende Kraft $\frac{(13 + 13 - 1{,}4 - 2{,}5)}{2}\, 1{,}4 \cdot 800 =$ 12376 kg. Nach Gleichung 113 ift für einen Schenkel

$$n = \frac{12376 \cdot 4}{2{,}5^2 \cdot 3{,}14 \cdot 700} = 3{,}7, \text{ alfo } n = 4.$$

Das Wurzelmafs b wird $1 + 1{,}4 + 0{,}75 \cdot 2{,}5 = 4{,}3$ cm, der Randabftand $a' = 1{,}5 \cdot 2{,}5 = 3{,}8$ cm, der Abftand $e'' = 3\, d = 7{,}5$ cm und der hintere Randabftand a' nach Gleichung 131

$$a' = 2{,}4 \left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{8}\,\frac{5}{4}\,\frac{2{,}5}{1{,}4}\right) = 3{,}5 \text{ cm}.$$

Diefes Wurzelmafs, welches fich für eine Verbindungsftelle ergiebt, bleibt, um die Teilung auf einer Geraden zu behalten, für das ganze Winkeleifen mafsgebend. Ift keine Verbindungsftelle da, wird z. B. ein durchlaufendes Winkeleifen an ein Blech genietet, fo beftimmt fich das Wurzelmafs ftets nach Gleichung 140. Die zweireihige Nietung (Fig. 436) beginnt bei Winkeleifen zweckmäfsig erft von 12 cm Schenkelbreite an.

Die obigen Regeln können auch auf die Herftellung von Eckverbindungen zweier Bleche mittels Winkeleifen übertragen werden (fiehe Kap. 3, unter a).

Auch die Vernietung anderer Formeifen erfolgt nach Grundfätzen, welche aus den obigen zu entnehmen find; nur tritt bei einigen auch die doppelte Lafchung auf. So würde man ein I-Eifen auf jedem Flanfch einfeitig, den Steg zweifeitig verlafchen. Solche Verbindungen anderer Formeifen als Winkeleifen find jedoch höchft felten.

221. Verbindung mit Stehnieten.

Eine befondere Art von Vernietung ift noch zu erwähnen, nämlich die Vernietung mit Stehnieten, welche zur Verbindung von nicht unmittelbar aufeinander liegenden Teilen verwendet wird, jedoch zur Uebertragung von Kräften thunlichft nicht herangezogen werden foll. Die Nietfchäfte werden fehr lang und haben fonach, wenn fie Kräfte übertragen follen, höchft ungünftige Biegungsfpannungen zu erleiden. Um den vorgefchriebenen Abftand der Teile, welcher beim Stauchen des ohne weiteres eingefetzten Nietes durch völliges Zerquetfchen des Schaftes zwifchen den Teilen verloren gehen würde, zu wahren, fetzt man zunächft einen Ring mit dem

äufseren Durchmeffer 2 *d* und dem inneren Durchmeffer *d* oder ein gelochtes Blechftück fo zwifchen die Teile, dafs die drei Löcher fich decken und nun eine durchlaufende Lochwandung ergeben.

Die zu diefem Zwecke verwendeten Blechabfälle werden auf dem Durchftofse gelocht, follen aber keine zu unregelmäfsige Aufsenform haben, von allen Graten befreit und thunlichft durch Preffen völlig eben hergerichtet fein.

Fig. 437.

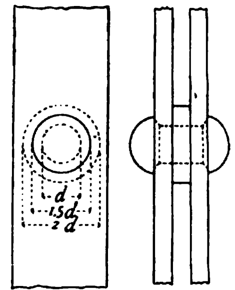


Fig. 437 zeigt eine Vernietung mit Stehbolzen. Da das Abklaffen der Teile voneinander zwifchen den Nieten mit Rückficht auf Roftbildung hier unfchädlich ift, kann die Nietteilung *e* hier fo weit gefteigert werden, wie die Kräfte es erlauben.

b) Schrauben und Schraubenverbindungen.

222. Anwendung und Verfchiedenheit.

Schraubenverbindungen kommen in Eifenteilen da vor,

1) wo die zu verbindenden Teile des Stoffes wegen nicht genietet werden dürfen, d. h. bei Gufseifenteilen;

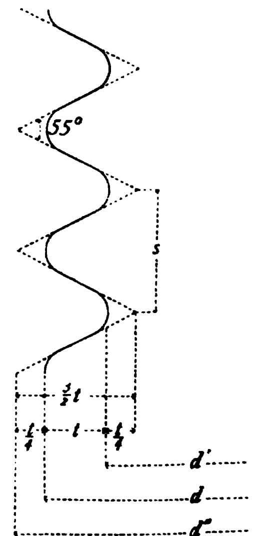
2) wo eine gewiffe Beweglichkeit (Drehbarkeit) der Teile gewahrt werden foll, die bei der Vernietung auch nur mit einem Niete durch die Reibung faft immer verloren geht;

3) wo der Raum zu beengt ift, um Nietköpfe ausbilden oder die Niete in die Löcher einftecken zu können, und

4) wo wegen Vereinigung vieler Konftruktionsteile die Bolzen zu lang werden, um noch als Niete ausgebildet werden zu können.

Die Schrauben können eingängig oder mehrgängig fein; fie können rechteckigen Gangquerfchnitt (flachgängige Schrauben) oder dreieckigen (fcharfgängige Schrauben) haben. Die eingängigen fcharfgängigen Schrauben ergeben unter gleicher Laft die gröfste Reibung in der Mutter, und da für Verbindungsfchrauben, die hier den Bewegungsfchrauben gegenüber allein in Frage kommen, eine thunlichft grofse Reibung erwünfcht ift, fo wird hier von erfteren allein die Rede fein. Auch ift bei gleicher Ganghöhe die Scherfläche zwifchen Gang und Spindel bei der fcharfen Schraube doppelt fo grofs, wie bei der flachen.

Fig. 438.



Aufser den beiden genannten kommen noch die Trapezfchraube und die Schraube mit rundem Gangquerfchnitte vor.

223. Gangprofil und Durchmeffer der Schrauben.

Das Gangprofil der fcharfen Schraube zeigt Fig. 438; d' ift der innere Durchmeffer, d der äufsere Gewindedurchmeffer, d'' der äufsere Bolzendurchmeffer, s die Ganghöhe und t die Gewindetiefe. Die Neigung des Ganges wird durch die Zahl m feftgelegt, welche beftimmt, wie viele Gänge auf die Länge d des Bolzens kommen. Die Gänge werden nach Fig. 438 aus- und abgerundet, nur bei fehr weichem Stoffe, z. B. Meffing, Bronze, mehr. Gemäfs dem Abrundungsmafse und dem Spitzenwinkel von 55 Grad wird $\frac{3}{2} t = s \frac{1}{\operatorname{tg} 27^\circ 30'}$, alfo

$$t = 0{,}64\, s, \qquad 142.$$

wofür man meist $t = 2\frac{s}{3}$ setzt. Daraus folgt $d' = d - 2t = d - 2 \, . \, 0{,}64 \, s$; demnach

$$d' = d - 1{,}28 \, s \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \qquad 143.$$

Nach Obigem ist nun $s = \frac{d}{m}$, also $d' = d - \frac{1{,}28 \, d}{m}$, sonach

$$\frac{d'}{d} = \frac{m - 1{,}28}{m} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \qquad 144.$$

d' bestimmt sich nach der Last, und dann sind d und s der nachstehenden *Witworth*'schen Schraubenskala zu entnehmen, welche die Form aller Schrauben gleichen Durchmessers allgemein festlegt, damit sie beliebig vertauscht werden können.

Witworth's Skala der eingängigen scharfen Schrauben.

Nr.	Bolzen-durch-messer d''	Aeußerer Gewinde-durchmesser d		Anzahl der Gewindegänge m auf		Innerer Durch-messer d'	Schlüssel-weite der Mutter D	Belastung	
				1 Zoll engl.	die Länge d			ohne Torsion	mit Torsion
1	0,8	1/4	0,64	20	5	0,48	1,4	37	22
2	0,9	5/16	0,79	18	5 5/8	0,61	1,6	79	48
3	1,1	3/8	0,95	16	6	0,75	1,8	143	86
4	1,2	7/16	1,11	14	6 1/8	0,88	2,1	218	131
5	1,4	1/2	1,27	12	6	1,00	2,3	302	181
6	1,7	5/8	1,59	11	6 7/8	1,29	2,7	560	336
7	2,0	3/4	1,90	10	7 1/2	1,58	3,2	897	538
8	2,3	7/8	2,22	9	7 7/8	1,86	3,6	1 299	779
9	2,7	1	2,54	8	8	2,13	4,1	1 755	1 053
10	3,0	1 1/8	2,86	7	7 7/8	2,39	4,5	2 260	1 356
11	3,3	1 1/4	3,18	7	8 3/4	2,72	5,0	2 993	1 796
12	3,6	1 3/8	3,49	6	8 1/4	2,95	5,4	3 564	2 138
13	3,9	1 1/2	3,81	6	9	3,27	5,8	4 441	2 665
14	4,3	1 5/8	4,13	5	8 1/8	3,48	6,3	5 070	3 042
15	4,6	1 3/4	4,45	5	8 3/4	3,80	6,7	6 107	3 664
16	4,9	1 7/8	4,76	4 1/2	8 7/16	4,00	7,2	6 949	4 169
17	5,2	2	5,08	4 1/2	9	4,36	7,6	8 155	4 893
18	5,8	2 1/4	5,72	4	9	4,91	8,5	10 454	6 272
19	6,5	2 1/2	6,35	4	10	5,54	9,4	13 438	8 063
20	7,1	2 3/4	6,99	3 1/2	9 5/8	6,06	10,3	16 182	9 709
21	7,7	3	7,62	3 1/2	10 1/2	6,69	11,2	19 849	11 909
22	8,4	3 1/4	8,26	3 1/4	10 9/16	7,26	12,1	23 488	14 093
23	9,0	3 1/2	8,89	3 1/4	11 3/8	7,89	13,0	27 867	16 720
24	9,6	3 3/4	9,53	3	11 1/4	8,44	13,8	31 996	19 198
25	10,3	4	10,16	3	12	9,07	14,7	37 076	22 245
	Centim.	engl. Zoll.	Centim.			Centimeter.		Kilogr.	

Durch verschiedene Abrundungen der englischen Abmessungen sind in diese Schraubenmaße solche Abweichungen hineingekommen, daß Schrauben und Muttern verschiedener Herkunft durchaus nicht immer passen. Der Verein Deutscher Ingenieure hat daher die folgende auf metrischem Maße beruhende Reihe aufgestellt, die sich mehr und mehr verbreitet[96]).

[96]) Durch Vereinbarung des Vereins Deutscher Ingenieure, der *Société d'encouragement pour l'industrie nationale* in Paris und des Vereines Schweizerischer Maschinen-Industrieller auf einer Versammlung am 20. Oktober 1900 ist in Zürich das metrische Gewinde bereits zu einem internationalen geworden. In der »Schweizerischen Bauzeitung« 1900, Oktober, S. 165 ist über diese Versammlung berichtet; zugleich werden dort die Formeln mitgeteilt, auf denen die Maßzusammenstellung auf S. 164 beruht.

Aeufserer Gewinde-durch-meffer d	Kern-durch-meffer d'	Gang-höhe h	Gangtiefe t	Schlüffel-weite D	Aeufserer Gewinde-durch-meffer d	Kern-durch-meffer d'	Gang-höhe h	Gangtiefe t	Schlüffel-weite D
6	4,5	1,0	0,75	12	20	16,4	2,4	1,8	34
7	5,35	1,1	0,825	14	22	17,8	2,8	2,1	37
8	6,2	1,2	0,9	16	24	19,8	2,8	2,1	40
9	7,05	1,3	0,975	18	26	21,2	3,2	2,4	43
10	7,9	1,4	1,05	20	28	23,2	3,2	2,4	46
12	9,6	1,6	1,20	22	30	24,6	3,6	2,7	49
14	11,3	1,8	1,35	25	32	26,6	3,6	2,7	52
16	13,0	2,0	1,50	28	36	30,0	4,0	3,0	58
18	14,7	2,2	1,65	31	40	33,4	4,4	3,3	64
Millimeter.					Millimeter.				

Um die umftehende *Witworth*'fche Tabelle nicht immer benutzen zu müffen, find für d und s zwei Beziehungsgleichungen aufgeftellt, welche lauten:

$$s = 0{,}07\ \text{cm} + 0{,}095\ d \text{ für } d \gtreqless 6\ \text{cm}, \qquad 145.$$

$$s = 0{,}262 \sqrt{d} \text{ für } d > 6\ \text{cm}. \qquad 146.$$

Aus Gleichung 142, 143 u. 144 (S. 162 u. 163) kann nun eine unmittelbare Beziehung zwifchen d'', d und d' abgeleitet werden, und zwar ergiebt fich für kleinere Schrauben unter Benutzung der Gleichungen 142, 143 u. 144

$$d = (1{,}139\ d' + 0{,}103) \text{ Centim. und } d'' = d + \frac{t}{2} = (1{,}173\ d' + 0{,}128) \text{ Centim.} \qquad 147.$$

Die Tragkraft einer Schraube auf Zug ift bei der zuläffigen Beanfpruchung s' für 1 qcm gleich $\frac{d'^2 \pi}{4} s'$; fonach ergiebt fich der der Laft P entfprechende innere Durchmeffer aus $d' = 2 \sqrt{\frac{P}{\pi s'}}$, oder, da man wegen des Anfchneidens der Gewinde den äufseren Ring von 1 mm Tiefe nicht als tragfähig anfehen kann, $d' = 0{,}2 + 2 \sqrt{\frac{P}{\pi s'}}$. Die zuläffige Beanfpruchung s' wird wegen der beim Andrehen der Mutter entftehenden Verwindung (Torfion[97]) in der Regel für Schrauben nur mit 600 kg angefetzt; die Gleichung für d' lautet demnach:

$$d' = 0{,}2 + 0{,}0046 \sqrt{P}, \qquad 148.$$

und für die erforderliche Anzahl n, wenn mehrere Schrauben von gegebenem, innerem Durchmeffer d' vorhanden find,

$$n = \frac{P}{471\ (d' - 0{,}2)^2} \qquad 149.$$

Den nach Gleichung 147 u. 148 aus der Laft ermittelten äufseren Durchmeffer d'' kann man nicht ohne weiteres beibehalten; vielmehr ift der nächftgröfsere der obigen Skalen einzuführen.

Wenn P nicht als Zug auftritt, fondern als Scherkraft, fo ergiebt fich, da die Scherftelle faft ftets im vollen Bolzen, nicht im Gewinde liegt, der äufsere Durchmeffer unmittelbar aus $\frac{d''^2 \pi}{4} t = P$ für einfchnittige und aus $2\ \frac{d''^2 \pi}{4} t = P$ für zwei-

[97]) Ueber genaue Berückfichtigung der Verwindungsfpannungen vergl.: GRASHOF, F. Theorie der Elafticität und Feftigkeit etc. 2. Aufl. Berlin 1878. S. 202.

ſchnittige Abſcherung. Auch bei den Schraubenbolzen muſs der Lochlaibungsdruck für kleine Durchmeſſer im Auge behalten werden, gemäſs der Gleichung $P = d'' \delta s''$ (vergl. Art. 205, S. 151), und es ergeben ſich hier ähnlich, wie bei den Nieten, für d die Gleichungen:

$$a'' = 2\sqrt{\frac{P}{\pi t}} \text{ für einſchnittige Abſcherung, } d'' \gtreqless 2\,\delta; \qquad 150.$$

$$d'' = \sqrt{\frac{2P}{\pi t}} \text{ für zweiſchnittige Abſcherung, } d'' \gtreqless \delta; \qquad 151.$$

$$d'' = \frac{P}{s''\delta} \quad \left.\begin{array}{l}\text{für einſchnittige Abſcherung, } d'' > 2\,\delta, \text{ und} \\ \text{für zweiſchnittige Abſcherung, } d'' > \delta.\end{array}\right\} \qquad 152.$$

Wird eine Kraft durch mehrere Bolzen gemeinſam übertragen, ſo iſt nach Annahme des Durchmeſſers d'' die Bolzenzahl n nach Gleichung 113 bis 115 zu ermitteln.

Kraftübertragung durch Flächenreibung kommt hier nicht in Frage, da die Muttern ſich von ſelbſt löſen, alſo auf Reibung überhaupt nicht gerechnet werden kann.

Auf Verwindung muſs Rückſicht genommen werden, wenn das Anſpannen der Schraube lediglich durch Andrehen der Mutter, nicht durch Anhängen von Laſten nach dem Andrehen der Mutter hervorgerufen wird. In dieſem Falle darf die zuläſſige Zugſpannung nur auf $\frac{3}{5}\,s'$ getrieben werden; der innere Gewindedurchmeſſer folgt ſomit für dieſen Fall aus $d' = 0{,}2 + 0{,}059\sqrt{P}$. Hiernach iſt die letzte Spalte der Skala auf S. 163 berechnet.

224. Schraubenmutter.

Die **Schraubenmutter** wird für einfache Fälle wohl rund oder quadratiſch geformt; jedoch läſst ſich die runde Mutter ſchwer andrehen; die quadratiſche enthält viel Metall. Am beſten iſt die ſechseckige Mutter, da ſie wenig überflüſſiges Metall enthält und doch das Aufſetzen eines Schlüſſels erlaubt; ſie braucht auch nur um 60 Grad gedreht zu werden, um das ſeitliche Anſetzen des Schlüſſels von neuem zu geſtatten.

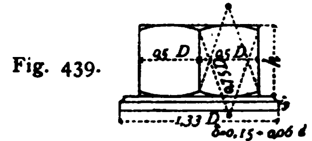
Um beim Andrehen im Auflager der Mutter keine zu groſse Berührungsfläche zu erhalten, wird erſtere unten nach einer Kugel abgerundet, meiſt auch oben, um eine Gegenmutter nachſchrauben, auch die Mutter umdrehen zu können; ſie ſitzt alſo nur mit einer ſchmalen Ringfläche auf. Neuerdings hat man erkannt, daſs die ebene Geſtaltung der Mutter an der Unterfläche eben durch die erzielte Gröſse der Reibungsfläche ein wirkſames Mittel gegen das ſelbſtthätige Losdrehen der Mutter bildet. Man vergröſsert dieſe Berührungsfläche ſogar noch, indem man die Mutter unten durch einen ringartigen Anſatz verſtärkt und nur den oberen Teil zum Aufſetzen des Schlüſſels eckig geſtaltet. Solche Muttern heiſsen **Bundmuttern**.

Die Schlüſſelweite D wird aus den angeführten Schraubenſkalen oder aus der Formel $D = (0{,}5 + 1{,}4\,d)$ Centim. beſtimmt, welche auf gleicher Sicherheit der Auflager-Ringfläche gegen Druck und des Bolzens beruht; der Durchmeſſer des umſchriebenen Kreiſes iſt dann $D' = (0{,}6 + 1{,}62\,d)$ Centim.

Die Höhe h der Mutter muſs ſo bemeſſen werden, daſs der Zug im Bolzen die Gewindegänge in der Mutter nicht ausſcheren kann, d. h. mindeſtens muſs $t\,d'\,\pi\,h = \frac{s'\,d'^2\,\pi}{4}$, alſo $h = \frac{1}{4}\,\frac{s'}{t}\,d'$ ſein. Nimmt man Rückſicht darauf, daſs das Metall bei ſcharfgängigen Schrauben etwa auf $\frac{1}{6}$ der abzuſcherenden Fläche

durch das Schneiden der Gewinde verletzt ift, fo würde $h = \frac{6}{5} \frac{1}{4} \frac{s'}{t} d'$ gefetzt werden müffen, und nimmt man im Mittel $d' = \frac{8}{10} d$ und $\frac{s'}{t} = \frac{5}{4}$ an, fo ergiebt fich $h = \frac{5 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 10}{6 \cdot 5 \cdot 8} d = \frac{3}{10} d$. . Muttern diefer geringften Höhe nutzen fich ftark ab; man fteigert die Höhe daher thatfächlich wohl bis $h = d$, und für folche Schrauben, die oft gelöft und wieder angedreht werden müffen, bis $h = D$. Hat der Bolzen keinen Zug, fondern nur Abfcherung zu übertragen, fo macht man h nie gröfser als $0{,}8\, d$, da die Mutter dann ganz unbelaftet ift. Eine gewöhnliche Mutterform zeigen Fig. 439 u. 440, worin auch eine zur Verteilung des Mutterdruckes auf eine grofse Fläche der Unterlage beftimmte Unterlegfcheibe mit dargeftellt ift. Selbftverftändlich ift eine folche Unterlegplatte bei Bundmuttern nie erforderlich.

Fig. 439.



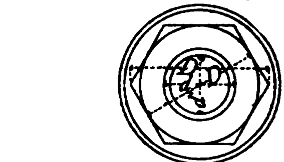
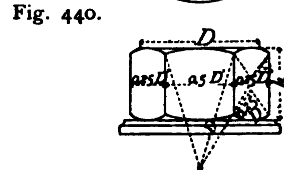


Fig. 440.



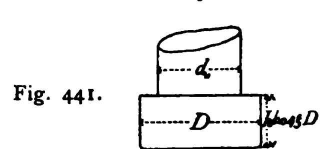
225. Schraubenkopf.

Der Schraubenbolzen wird in der Regel am einen Ende mit Gewinde verfehen; am anderen erhält er ftatt deffen einen feften Kopf, welcher meift ein Quadrat von der Seitenlänge D bildet und die Höhe $h = 0{,}45\, D$ erhält (Fig. 441). In feltenen Fällen wird der Kopf fechseckig geformt.

226. Befondere Formen von Mutter u. Kopf.

Befondere Formen von Mutter und Kopf entftehen in folgenden Fällen.

Fig. 441.



Soll die Mutter nicht vor den verbundenen Teilen vorftehen, fo fetzt man fie in eine Vertiefung, welche fo weit gemacht wird, dafs die Wandftärke des am Ende ein entfprechendes fechseckiges Loch zeigenden Stockfchlüffels aus Rundeifen mit doppeltem Handgriffe darin Platz findet, oder man macht die Mutter kreisrund und giebt ihr in der Oberfläche zwei Löcher, um fie mit dem zweizinkigen Zirkelfchlüffel in die gleich weite kreisrunde Vertiefung drehen zu können. Beim Andrehen der Mutter dreht fich der Bolzen leicht mit; man mufs daher mittels eines Schraubenfchlüffels am Kopfe, welcher deshalb die Maulweite D erhält, gegenhalten. Geht dies nicht, fo bringt man am unteren Schaftteile oder am Kopfe geeignete Vorrichtungen zur Verhinderung des Drehens an.

Ift eine feft angezogene Schraube dauernd Erfchütterungen ausgefetzt, fo löft fich die Mutter allmählich von felbft, indem die Reibung zwifchen Mutter und Unterlage und zwifchen Mutter und Bolzengewinde durch die Schwingungen überwunden wird. Man verwendet deshalb für die Baukonftruktionen geeignete Vorkehrungen gegen das Losdrehen der Muttern, unter denen die Verwendung von Bundmuttern jetzt fehr gebräuchlich ift.

227. Schraubenverbindungen.

Wirken die Schrauben einfach auf Zug, fo ift d' nach Gleichung 148 zu beftimmen; wenn mehrere Schrauben die Laft P übertragen, fo liefert Gleichung 149 ihre Anzahl n.

Auf Abfcherung ergiebt fich der Bolzendurchmeffer d'' für die Kraft P nach den Gleichungen 150 bis 152; find mehrere Bolzen des Durchmeffers d'' zu verwenden, fo folgt die erforderliche Anzahl n aus:

$$n = \frac{4\, P}{\pi\, t\, d''^2} \text{ für einfchnittige Bolzen, } d'' \lesseqgtr 2\, \delta; \quad \ldots \ldots \quad 153.$$

$$n = \frac{2P}{\pi t d''^2} \text{ für zweischnittige Bolzen, } d'' \lesseqgtr \delta; \quad \ldots \quad 154.$$

$$n = \frac{P}{s'' \delta d''} \begin{cases} \text{für einschnittige Bolzen, } d'' > 2\delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Bolzen, } d'' > \delta. \end{cases} \quad \ldots \quad 155.$$

Wird der Bolzen des Durchmessers d'' zugleich auf den Zug S und die Abscherung T, d. h. schräg beansprucht, und bezeichnet d_s den dem Zuge S allein genügenden Rundeisendurchmesser, so mache man

$$d'' = d_s \sqrt{\frac{1}{8}\left[3 + 5\sqrt{1 + \left(\frac{2T}{S}\right)^2}\right]}; \quad \ldots \quad 156.$$

für $T = S$ wird $d'' = 1{,}33\, a_s$.

Die Gewichte der Schraubenbolzen werden mit Hilfe der Rundeisentabelle festgestellt, indem man zur reinen Bolzenlänge zwischen Kopf und Mutter

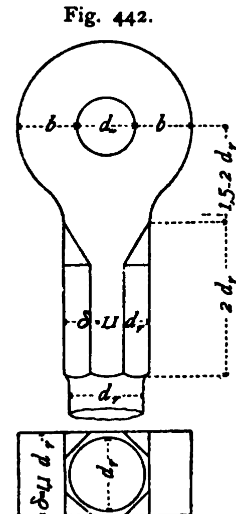
7 Bolzendurchmesser für sechseckige Muttern und Köpfe,
8 » » viereckige » » »

hinzuzählt.

c) Bolzenverbindungen.

Für Bauzwecke ist der Anschlufs von Rundeisenstangen mittels angestauchten oder angeschweifsten Auges und cylindrischen Verbindungsbolzens an andere Teile, meist Bleche, von besonderer Wichtigkeit. Das Auge wird kreisförmig (Fig. 442) oder länglich (Fig. 443) geformt. Bezeichnet δ die geringere der Stärken der beiden Teile (Auge des Befestigungsbolzens und Anschlufsblech), so ist auch hier für einschnittigen Anschlufs die Gleichung 228. Bedingungen.

Fig. 442.



$$\delta d'' s'' \gtreqless \frac{d''^2 \pi}{4} t$$

die Bedingung dafür, dafs Abscherung, nicht Lochlaibungsdruck in Frage kommt; ebenso für zweischnittigen Anschlufs

$$\delta d'' s'' = 2 \frac{d''^2 \pi}{4} t.$$

Hierin ist $\frac{s''}{t} = 1{,}9$ zu setzen, da in den Schraubenbolzen meist nicht besserer Stoff steckt, als in den Rundeisen und Blechen; demnach lauten die obigen Bedingungen: Abscherung kommt in Frage bei einschnittigen Bolzen, wenn $d'' \lesseqgtr 2{,}4\, \delta$, und bei zweischnittigen Bolzen, wenn $d'' \lesseqgtr 1{,}2\, \delta$. Ist d'' gröfser, so ist in beiden Fällen auf Lochlaibungsdruck zu rechnen.

Das kreisförmige Bolzenauge (Fig. 442) wird in der Regel dadurch hergestellt, dafs man den voll mit s' beanspruchten Rundeisendurchmesser d_r in ein Achteck der Maulweite $\delta = 1{,}1\, d_r$, dieses in ein Quadrat von der Seite $\delta = 1{,}1\, d_r$ und letzteres in das kreisförmige Auge von der Randstärke b und dem Augendurchmesser d'' übergehen läfst. 229. Kreisförmiges Bolzenauge.

Bezeichnen, wie früher, s' die zuläfsige Zugspannung, t die zuläfsige Scherspannung im Rundeisen, Verbindungsbolzen und Anschlufsbleche, so kann man hier $\frac{s'}{t} = \frac{5}{4}$ setzen; wie früher ist auch im vorliegenden Falle der Lochlaibungsdruck $s'' = 1{,}5\, s'$ bis $2\, s'$ anzunehmen. Der Augendurchmesser mufs nun sein:

$d'' = 1{,}12\ d_r$ für einſchnittige Bolzen, wenn ſich $d'' \leqq 2{,}4\ \delta$, . . 157.

$d'' = 0{,}79\ d_r$ für zweiſchnittige Bolzen, wenn ſich $d'' \leqq 1{,}2\ \delta$, . 158.

$d'' = 0{,}52\ d_r \dfrac{d_r}{\delta}$ für einſchnittige Bolzen, wenn ſich $d'' > 2{,}4\ \delta$ und für zweiſchnittige Bolzen, wenn ſich $d'' > 1{,}2\ \delta$ 159.

ergiebt.

Im Bolzenauge ſelbſt iſt $\delta = 1{,}1\ d_r$; daher lautet für das Auge die Gleichung 159: $d'' = 0{,}48\ d_r$. Bei der Benutzung dieſer Formel iſt für δ ſowohl die Augenſtärke, wie andererſeits die Stärke des Teiles in Rückſicht zu ziehen, an welchen der Anſchluſs erfolgt.

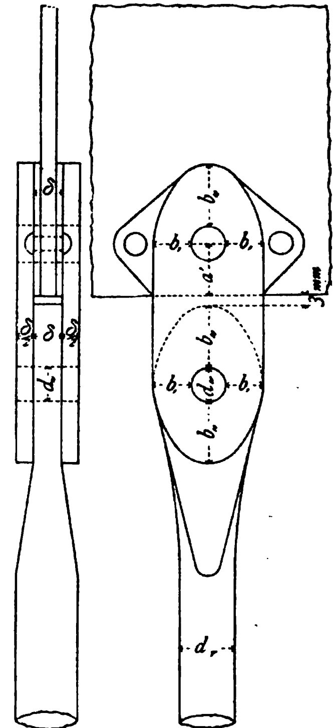


Fig. 443.

Die Randbreite b des Auges iſt gleich $0{,}72\ d_r$ zu machen. Sollte irgendwo an die Rundeiſenſtange ein Schraubengewinde angeſchnitten ſein, ſo iſt als d_r der innere Gewindedurchmeſſer d' einzuführen, für den hier jedoch nicht, wie in Gleichung 148, die zuläſſige Zugſpannung auf 600 kg für 1 qcm ermäſsigt zu werden braucht.

In vielen Fällen ergiebt ſich für das kreisförmige Auge nach Fig. 442 eine Stärke δ, welche erheblich gröſser iſt, als die desjenigen Teiles, an welchen der Anſchluſs erfolgt; der Durchmeſſer d'' iſt dann nach der geringeren Stärke δ_1 dieſes Teiles zu bemeſſen und wirkt auf die Bildung des Auges äuſserſt ungünſtig ein. Man kann dann die Stärke δ im Anſchluſsbleche dadurch erreichen, daſs man es durch einſeitiges oder zweiſeitiges Auflegen von Blechen um $\delta - \delta_1 = \delta_2$ verſtärkt, muſs aber dieſe Verſtärkungen mit dem Anſchluſsbleche vor Auflegen des Auges oder ſeiner Laſchen mit einer Anzahl von Nieten verbinden, welche nach den Gleichungen 113 bis 115 (S. 152) aus der Kraftgröſse $\dfrac{P\delta_2}{\delta}$ zu ermitteln iſt; dieſe Niete ſind, ſoweit ſie ſich ganz oder zum Teile in der Auflagerfläche des Auges oder der Laſchen befinden, beiderſeits zu verſenken.

230. Gabelförmiges Doppelauge.

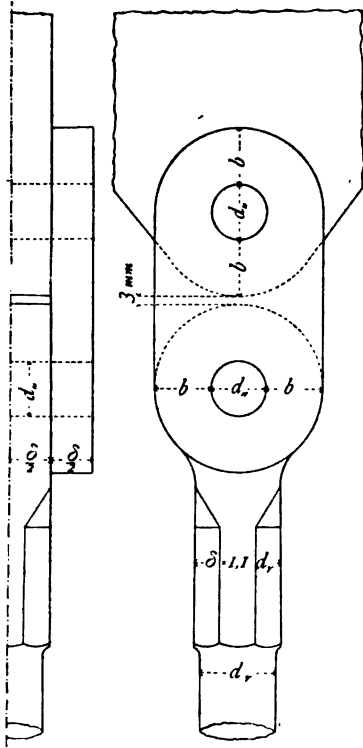
Der Anſchluſs ſolcher Teile ſoll ſtets zweiſeitig, nur bei ganz untergeordneten, gering belaſteten Gliedern einſchnittig erfolgen. Unmittelbar läſst ſich der doppelte Anſchluſs nur erreichen, wenn man ein gabelförmiges Doppelauge mit einem Schlitze gleich der Dicke des Anſchluſsbleches an die Stange ſchweiſst. Das Schmieden und Schweiſsen dieſer Gabelaugen iſt aber ſchwierig und teuer; für Bauarbeiten iſt deshalb dieſer Anſchluſs entweder zu koſtſpielig oder zu unſicher. Nur bei gegoſſenen Druckgliedern iſt die Verwendung dieſer ſchwierigen Form zuläſſig. Bei ſchmiedeeiſernen Teilen ſoll der Anſchluſs durch doppelte Laſchung erfolgen, wobei man die Laſchen mit der Stärke $\dfrac{\delta}{2}$ und nach der Form eines doppelten Auges (Fig. 443 u. 444) mit etwa 3 mm Spielraum zwiſchen dem Stangenauge und dem Anſchluſsbleche ausbildet.

Häufig ſind auch derartige Anſchlüſſe, in denen ſich von der einen Seite die Augen zweier ſchwächeren, von der anderen das Auge einer ſtärkeren Zugſtange ohne Mittelglieder auf den Bolzen hängen.

231. Elliptifches Bolzenauge.

Das elliptifche Bolzenauge (Fig. 443) wird oft verwendet, wenn es fich um den Anfchlufs von Flacheifen handelt, jedoch auch wohl in den Anfchlüffen von Rundeifen; indefs ift diefe Form wegen der teuereren Herftellung, namentlich in neuerer Zeit, immer feltener geworden.

Fig. 444.



In beiden Fällen wird das Auge meift durch Stauchen und Ausfchmieden erzielt. Da man aber beim Ausfchmieden bezüglich der Augendicke δ von der Dicke des Flach- oder Rundeifens unabhängig ift, fo wird man fie der Dicke des Anfchlufsteiles anzupaffen ftreben, fie aber jedenfalls fo bemeffen, dafs der Gelenkbolzen von der Laft P auf Lochlaibungsdruck und Abfcherung in gleichem Mafse gefährdet wird. Man macht daher

$$d'' = 2\sqrt{\frac{P}{\pi t}} \text{ für einfchnittige Abfcherung} \quad 160.$$

$$d'' = \sqrt{\frac{2P}{\pi t}} \text{ für zweifchnittige Abfcherung} \quad 161.$$

und hiernach dann gemäfs

$$\delta d'' s'' = \frac{d''^2 \pi}{4} t \text{ für einfchnittige,}$$

$$\delta d'' s'' = 2\frac{d''^2 \pi}{4} t \text{ für zweifchnittige Bolzen, bei}$$

$$s'' = 1{,}9\ t,$$

$$\delta = 0{,}42\ d'' \text{ für einfchnittige Bolzen,} \quad 162.$$

$$\delta = 0{,}83\ d'' \text{ für zweifchnittige Bolzen} \quad 163.$$

Sollte der Anfchlufsteil erheblich fchwächer fein als δ, etwa δ_1 ftark, fo mufs man ihn zunächft wieder durch gefondert aufgenietete, thunlichft beiderfeitige Zulagebleche von der Gefamtftärke $\delta_2 = \delta - \delta_1$ verdicken. Nimmt man diefe Verdickung des zu fchwachen Anfchlufsbleches nicht vor, fo mufs der Bolzendurchmeffer auf Lochlaibungsdruck im Anfchlufsbleche bemeffen werden, und man erhält alsdann meift übermäfsig weite Augen.

Das Auge felbft wird nun meift fo geformt, dafs die Breite des Randes neben dem Auge $b_{,}$, auf die einfache Zugfpannung s' berechnet, der Laft $\frac{3}{4} P$, die Breite hinter dem Auge $b_{,,}$ der Laft $\frac{5}{4} P$ entfpricht. Alsdann ergiebt fich unter Benutzung der Gleichungen 160 bis 163, bei $s' = \frac{5}{4} t$,

$$b_{,} = 1{,}12\ d'' \text{ für ein- und zweifchnittige Bolzen,} \quad 164.$$

$$b_{,,} = 1{,}87\ d'' \text{ für ein- und zweifchnittige Bolzen.} \quad 165.$$

Beifpiel. Eine Kraft von 5000 kg foll durch ein Rundeifen, welches am einen Ende ein Schraubengewinde trägt, am anderen an ein Anfchlufsblech von 1 cm Stärke abgegeben werden.

Der innere Gewindedurchmeffer der Stange ift nach Gleichung 148, wenn dort wegen fehlender Verwindung s' ftatt mit 600 mit 750 kg eingeführt wird, $d' = 0{,}2 + 2\sqrt{\frac{5000}{\pi \cdot 750}} = 3{,}12$ cm, wozu nach der *Witworth*'fchen Skala (S. 163) als nächft gröfseres das Rundeifen Nr. 13 mit $d_r = 3{,}9$ cm Bruttodurchmeffer gehört.

Der Anschlufs erfolgt zweischnittig durch doppelte Laschung; daher mufs der Durchmesser des Anschlufsbolzens nach Gleichung 161: $d'' = \sqrt{\frac{2 \cdot 5000}{3{,}14 \cdot 600}} = 2{,}3$ cm sein, wenn $t = 600$ kg für 1 qcm Abscherungsspannung zugelassen werden.

Nach Gleichung 163 folgt weiter $\delta = 0{,}83\, d'' = 0{,}83 \cdot 2{,}3 = 1{,}9$ cm; demnach mufs das Anschlufsblech um 0,9 cm einseitig oder besser um 0,45 cm beiderseitig verstärkt werden. Es soll $\delta = 2$ cm gemacht, das Anschlufsblech auf jeder Seite um 0,5 cm verstärkt werden.

Weiter wird noch nach Gleichung 164: $b_{,} = 1{,}13\, d'' = 1{,}13 \cdot 2{,}3 = 2{,}6$ cm und nach Gleichung 165: $b_{,,} = 1{,}87\, d'' = 1{,}87 \cdot 2{,}3 = 4{,}3$ cm.

Jede der beiderseitig aufzulegenden Laschen wird nun 1 cm stark, und die Ausschmiedung des Rundeisens in das glatte Auge mufs so angeordnet werden, dafs mindestens überall die volle Querschnittsfläche eines Kreises vom Durchmesser $d' = 3{,}12$ cm vorhanden ist.

Die Kraft, welche aus jeder der beiden Verstärkungen an das Anschlufsblech abgegeben werden mufs, beträgt $\frac{5000 \cdot 0{,}5}{2} = 1250$ kg. Die für jede Verstärkung einschnittigen Uebertragungsniete erhalten nach Gleichung 112 (S. 152) $d = 2 \cdot 0{,}5 = 1$ cm Durchmesser, und ihre Anzahl ist nach Gleichung 113: $n = \frac{1250 \cdot 4}{1^2 \cdot 3{,}14 \cdot 750}$, wenn die Scherspannung im Niete zu 750 kg für 1 qcm gesetzt wird, also $n = 2$. Die für die zweite Verstärkung gleichfalls einschnittigen, anderen Längenhälften dieser Bolzen bewirken dort den Anschlufs, so dafs 2 Niete zum Anschlusse beider Verstärkungen genügen. Im verstärkten Anschlufsbleche braucht der Bolzen nur um das aus Gleichung 133 (S. 155) folgende Mafs $a' = 2{,}3\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\frac{s''}{t'}\right)$ abzustehen; für $\frac{s''}{t'} = 1{,}9$ ergiebt sich

$$a' = 2{,}3\left(\frac{1}{2} + \frac{1{,}9}{2}\right) = \text{rund } 3{,}5 \text{ cm}.$$

Die berechnete Anordnung ist in Fig. 443 dargestellt.

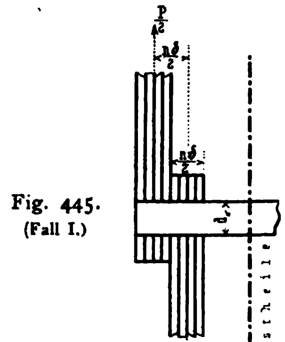
Die Befestigungsbolzen dieser Verbindungen ordnet man häufig ganz ohne Mutter, nur mit einem schwachen durchgesteckten Splinte an, welcher blofs das Herausfallen des Bolzens zu verhindern hat.

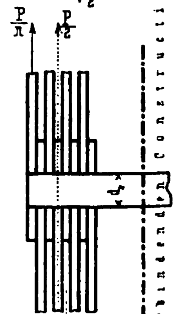
232. Verbindung mehrteiliger Konstruktionsglieder.

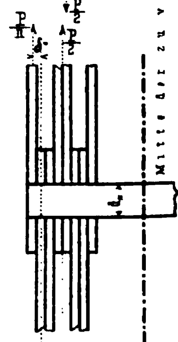
Bolzenverbindungen mehrteiliger Konstruktionsglieder kommen fast ausschliesslich in solchen Bauteilen vor, welche aus einer gröfseren Zahl von flachen Bändern mit Bolzenaugen bestehen und wegen der geringen Breite der Bänder dann nur einen durch sämtliche Glieder gehenden Bolzen erhalten. Hier soll daher blofs dieser Fall untersucht werden, und zwar zunächst unter der Einschränkung, dafs die zu verbindenden Glieder in einer Geraden liegen.

In Fig. 445, 446 u. 447 sind die drei Möglichkeiten dargestellt, wie n Bänder der Dicke δ durch einen Bolzen des Durchmessers d'' verbunden werden können. Es bezeichnen s' die zulässige Zugspannung im Gliede und Bolzen, t die zulässige Abscherungsspannung in beiden, s'' den zulässigen Lochlaibungsdruck am Bolzen; unter δ^{ab}, bezw. d''^{ab} ist zu verstehen, dafs die Gröfsen auf Abscherung und Biegung, unter δ^{db} und d''^{db}, dafs sie auf Laibungsdruck und Biegung gleich sicher berechnet sind.

In allen drei Fällen hat der Bolzen neben der Abscherung, bezw. dem Laibungsdrucke ein Biegungsmoment aufzunehmen, welches beträgt


Fig. 445. (Fall I.)


Fig. 446. (Fall II.)


Fig. 447. (Fall III.)

im Falle I (Fig. 445): $M = \frac{P}{2}\frac{n\delta}{2} = \frac{P n \delta}{4}$; $a = \frac{n}{4}$;

» » II (Fig. 446): $M = \frac{P}{2}\delta$ $= a P \delta$; $a = \frac{1}{2}$;

» » III (Fig. 447): $M = \frac{P}{n}\delta$; $a = \frac{1}{n}$.

Die Biegungfpannung σ im Bolzen folgt aus $M = \frac{\sigma d''^4 \pi . 2}{64 d''}$ mit

$$\sigma = 10{,}2 \frac{M}{d''^3} = 10{,}2 \frac{a P \delta}{d''^3}.$$

Wird der Bolzen auf Abfcherung und Biegung berechnet, fo ergiebt fich

für Fall I: | für Fall II u. III:

auf Abfcherung

$$\frac{P}{2} = \frac{d''^2 \pi}{4} t, \quad d''^a = 0{,}807 \sqrt{\frac{P}{t}}; \quad 166. \qquad \Bigg| \qquad \frac{P}{n} = \frac{d''^2 \pi}{4} t, \quad d''^a = 1{,}128 \sqrt{\frac{P}{n t}}; \quad 166.$$

aus der Biegung nach $s' \geqq 10{,}2 \frac{a P \delta}{d''^3}$

$$s' \geqq 10{,}2 \frac{a P \delta \sqrt{t^3}}{0{,}807^3 \sqrt{P^3}}, \qquad \Bigg| \qquad s' \geqq 10{,}2 \frac{a P \delta \sqrt{n^3 t^3}}{1{,}128^3 \sqrt{P^3}},$$

alfo $\delta^{ab} \leqq 0{,}0516 \frac{s'}{a} \sqrt{\frac{P}{t^3}}$. 167. | $\delta^{ab} \leqq 0{,}1408 \frac{s'}{a} \sqrt{\frac{P}{n^3 t^3}}$. 167.

Wegen des Lochlaibungsdruckes mufs $\delta d'' s'' \geqq \frac{K}{n}$ fein; daher

$$0{,}807 \sqrt{\frac{P}{t}}\, 0{,}0516 \frac{s'}{a} \sqrt{\frac{P}{t^3}}\, s'' \geqq \frac{P}{n}$$

oder

$$0{,}0416 \frac{n}{a} \frac{s'}{t} \frac{s''}{t} \geqq 1.$$

Da $a = \frac{n}{4}$ ift, fo ergiebt fich

$$0{,}1664 \frac{s'}{t} \frac{s''}{t} \geqq 1.$$

Nun ift

$$\frac{s'}{t} = \frac{5}{4}, \quad \frac{s''}{t} = \frac{s''}{s'} \frac{s'}{t} = 1{,}5 \frac{5}{4} = 1{,}9;$$

demnach müfste, wenn dem Lochlaibungsdrucke genügt fein follte,

$$0{,}1664 \frac{5}{4} 1{,}9 \geqq 1 \text{ oder } 0{,}395 \geqq 1$$

fein. Diefer Widerfpruch würde nur fchwinden, wenn t weit unter das übliche Mafs gebracht, d. h. d'' fehr grofs gemacht würde.

Im Falle I wird fonach faft ftets die Berechnung auf Biegung und Lochlaibungsdruck durchzuführen fein.

$$1{,}128 \sqrt{\frac{P}{n t}}\, 0{,}1408 \frac{s'}{a} \sqrt{\frac{P}{n^3 t^3}}\, s'' \geqq \frac{P}{n}$$

oder

$$0{,}1588 \frac{s'}{t} \frac{s''}{t} \geqq n a.$$

Im Falle II ift $a = \frac{1}{2}$; daher entfteht

$$2{,}0 \,.\, 0{,}1588 \,.\, \frac{5}{4} \,.\, 1{,}9 \geqq n, \quad 0{,}755 \geqq n,$$

was unmöglich ift; die auf Biegung und Abfcherung berechneten Werte genügen alfo auf Lochlaibungsdruck nicht.

Im Falle III ift $a = \frac{1}{n}$,

$$0{,}1588 \frac{5}{4} 1{,}9 \geqq 1 \text{ oder } 0{,}377 \geqq 1.$$

Auch hier beweift der Widerfpruch, dafs die oben berechneten Werte d^a und δ^{ab} auf Lochlaibungsdruck nicht genügen und die Berechnung auch in den Fällen II und III auf Lochlaibungsdruck und Biegung durchzuführen ift.

Demnach mufs der Regel nach die Berechnung derartiger Bolzen auf Biegung und Lochlaibungsdruck erfolgen; alsdann ift für alle drei Fälle

$$d'' \delta s'' \geqq \frac{P}{n} \text{ und } s' \geqq \frac{P \delta a}{d''^3} 10{,}2 \text{, daher } s' \geqq \frac{P a \,.\, 10{,}2}{d''^3} \frac{P}{n d'' s''},$$

und daraus folgen:

$$d''^{db} \geqq 1{,}787 \sqrt{P} \sqrt[4]{\frac{a}{n s' s''}}, \quad \delta^{db} \geqq 0{,}56 \sqrt{P} \sqrt[4]{\frac{s'}{a n^3 s''^3}} \quad . \quad . \quad 168.$$

Beifpiel. Ein Konftruktionsteil, welcher 200000 kg zu tragen hat und aus $n = 8$ Bändern befteht, foll geftofsen werden, und zwar follen in nicht genauer Uebereinftimmung mit den oben verwendeten Verhältniswerten $s' = 1000$ kg für 1 qcm, $t = \frac{4}{5} 1000 = 800$ kg für 1 qcm und $s'' = 1400$ kg für 1 qcm betragen.

Für die Berechnung auf Biegung und Abfcherung wäre

im Falle I: $a = \frac{n}{4} = 2$;

nach Gleichung 166

$$d''^a = 0{,}807 \sqrt{\frac{200000}{800}} = 12{,}76 \text{ cm},$$

$$\delta^{ab} \leqq 0{,}0516 \frac{1000}{2} \sqrt{\frac{200000}{800^3}} = 0{,}509 \text{ cm}.$$

Der mögliche Lochlaibungsdruck wäre dabei $8 \,.\, 12{,}76 \,.\, 0{,}509 \,.\, 1400 = 72808$ kg gegenüber zu tragenden 200000 kg; diefe Verhältniffe des Bolzens find alfo zu fchwach.

im Falle II: $a = \frac{1}{2}$; III: $a = \frac{1}{8}$;

$$d''^a = 1{,}128 \sqrt{\frac{200000}{8 \,.\, 800}} = 6{,}3 \text{ cm},$$

$$\delta^{ab} \leqq 0{,}1408 \frac{1000}{1/2} \sqrt{\frac{200000}{8^3 . 800^3}} \leqq 0{,}246 \text{ cm für II},$$

$$\delta^{ab} \leqq 0{,}1408 \frac{1000}{1/8} \sqrt{\frac{200000}{8^3 . 800^3}} \leqq 0{,}984 \text{ cm für III}.$$

Der mögliche Lochlaibungsdruck ift

$8 \,.\, 6{,}3 \,.\, 0{,}246 \,.\, 1400 = 17360$ kg für II,

$8 \,.\, 6{,}3 \,.\, 0{,}984 \,.\, 1400 = 69440$ kg für III;

für Lochlaibungsdruck find alfo auch diefe beiden Verhältniffe zu fchwach.

Für Berechnung auf Biegung und Lochlaibungsdruck find nach Gleichung 168

$$\text{für Fall I: } a = 2,\; d''^{bd} \geqq 1{,}787 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{2}{8 \,.\, 1000 \,.\, 1400}} = 16{,}43 \text{ cm},$$

$$\delta^{bd} \geqq 0{,}56 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{1000}{2 \,.\, 8^3 . 1400^3}} = 1{,}088 \text{ cm};$$

$$\text{» » II: } a = \frac{1}{2},\; d''^{bd} \geqq 1{,}787 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{1}{2 \,.\, 8 \,.\, 1000 \,.\, 1400}} = 11{,}62 \text{ cm},$$

$$\delta^{bd} \geqq 0{,}56 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{2 \,.\, 1000}{8^3 \,.\, 1400^3}} = 1{,}54 \text{ cm};$$

$$\text{» » III: } a = \frac{1}{8},\; d''^{bd} \geqq 1{,}787 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{1}{8 \,.\, 8 \,.\, 1000 \,.\, 1400}} = 8{,}21 \text{ cm},$$

$$\delta^{bd} \geqq 0{,}56 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{8 \,.\, 1000}{8^3 \,.\, 1400^3}} = 2{,}18 \text{ cm}.$$

Hiernach zeigt fich, wie auch von vornherein zu erkennen war, dafs der Fall III (Fig. 447) weitaus der günftigfte ift.

Die Ausbildung der Augen erfolgt für alle Fälle nach Art. 229 bis 231 (S. 167 bis 169).

Rechnet man die thatfächlich auftretende Abfcherungsfpannung hier nach, fo ergeben fich für $n = 8$

$$\text{im Falle I: } \frac{P 4}{2 d''^2 \pi} = \frac{2 \,.\, 200000}{3{,}14 \,.\, 16{,}43^2} = 472 \text{ kg für 1 qcm};$$

$$\text{» » II: } \frac{P 4}{8 d''^2 \pi} = \frac{200000}{2 \,.\, 3{,}14 \,.\, 11{,}62^2} = 235 \text{ kg für 1 qcm};$$

$$\text{» » III: } \frac{P 4}{8 d''^2 \pi} = \frac{200000}{2 \,.\, 3{,}14 \,.\, 8{,}21^2} = 472 \text{ kg für 1 qcm},$$

fo dafs nunmehr die bei der zweiten Berechnung nicht berückfichtigte Widerftandsfähigkeit gegen Abfcherung bei weitem nicht ausgenutzt wird.

Es leuchtet ein, dafs man im Falle III (Fig. 447) je die beiden unmittelbar zufammenliegenden Bänder zweckmäfsig in einem Stücke ausführt; III fällt dann mit II zufammen, bis auf den Unterfchied, dafs die beiden äufserften Bänder jeder Gruppe nur halb fo dick fein dürfen, wie die mittleren.

Ein doppelfchnittiger Bolzenanfchlufs, wie er in Fig. 443 u. 444 dargeftellt ift, läfst fich nach Gleichung 168 behandeln, wenn $n = 2$ gefetzt wird, und die 3 Fälle fallen dann mit $a = 1/2$ zufammen. Die Gleichung 168 lautet dann:

$$d''^{db} \geqq 1{,}787 \sqrt{P} \sqrt[4]{\frac{1}{4 s' s''}}, \qquad \delta^{db} \geqq 0{,}56 \sqrt{P} \sqrt{\frac{2 s'}{8 s''^3}},$$

oder

$$d''^{db} \geqq \frac{1{,}265 \sqrt{P}}{\sqrt[4]{s' s''}}, \qquad \delta^{db} \geqq 0{,}397 \sqrt{P} \sqrt[4]{\frac{s'}{s''^3}} \quad . \; . \; . \; . \quad 169.$$

Beifpiel. Wird das Beifpiel zu Art. 231 u. Fig. 443 (S. 169 u. 168) hier durchgeführt, alfo $P = 5000^{kg}$ und, den früher eingeführten Verhältniffen $\frac{s'}{t} = \frac{5}{4}$, $\frac{s''}{t} = 1{,}9$ entfprechend $s' = 750^{kg}$ für 1^{qcm}, $s'' = 1140^{kg}$ für 1^{qcm} und $t = 600^{kg}$ für 1^{qcm} gefetzt, fo werden nach Gleichung 169:

$$d''^{db} \geqq \frac{1{,}265 \sqrt{5000}}{\sqrt[4]{750 \cdot 1140}} = 2{,}95 = \backsim 3{,}0^{cm};$$

$$\delta^{db} \geqq 0{,}397 \sqrt{5000} \sqrt[4]{\frac{750}{1140^3}} = 0{,}749 = \backsim 0{,}75^{cm}.$$

Hierin entfpricht aber δ^{db} als Stärke des Bandes in jeder Gliedhälfte $\frac{\delta}{2}$ in Fig. 443. Die Abfcherung im Bolzen wird dann nur

$$\frac{5000 \cdot 4}{2 \cdot 2{,}95^2 \cdot 3{,}14} = 367^{kg}.$$

Die Verbindung ift alfo in diefer Ausführung mit gegen früher ftärkerem Bolzen und fchwächeren Lafchen für Biegung und Lochlaibungsdruck genügend, für Abfcherung zu ftark, während fie in der in Art. 231 (S. 169) ohne Rückficht auf Biegung ausgerechneten Ausführung auf Lochlaibungsdruck und Abfcherung genügte, für Biegung dagegen zu fchwach war.

Diefes Beifpiel zeigt auch, wie notwendig bei folchen Verbindungen die Berückfichtigung der Biegungsfpannungen im Bolzen ift.

Liegen die zu verbindenden Glieder nicht in einer geraden Linie, wie dies z. B. bei den Knoten von Dachbindern der Fall ift, fo wird die Unterfuchung etwas umftändlicher und kann nicht in fo allgemein gültige Formeln gekleidet werden wie die obigen.

d) Keile und Splinte, Keil- und Splintverbindungen.

Der Unterfchied zwifchen Keilen und Splinten befteht darin, dafs Splinte infolge des Einfteckens oder Eintreibens keine Abfcherungsfpannung erleiden, fondern nur nachträgliche Löfung der Verbindung verhindern, während Keile durch ihre Form beim Einfetzen in den verbundenen Teilen Spannungen erzeugen. Die regelmäfsige Querfchnittsform beider ift das Rechteck mit der gröfseren Seite in der Kraftrichtung; Splinte, welche überhaupt keine Spannungen erleiden, nur zufälliges Löfen einzelner Teile verhindern follen, werden meift als kreisrunde Stifte ausgebildet. Die rechteckigen Splinte unterfcheiden fich von den Keilen durch die Längenanficht, welche bei erfteren rechteckig, bei letzteren des Keilanzuges wegen trapezförmig ift; der Anzug beträgt gewöhnlich $1/25$ bis $1/20$ der Länge; nur wenn man die felbftthätige Löfung durch befondere Vorkehrungen verhindert, macht man ihn gröfser, bis $1/6$ der Länge. 233. Keile und Splinte.

Da ein einfacher Keil feiner Form wegen im rechteckigen Loche immer nur mit einer Kante anliegen kann und hier Zerftörungen hervorruft, und da man diefen Mangel auch durch entfprechend trapezförmig hergeftellte Keillöcher nicht ganz befeitigen kann, fo verwendet man für ftark belaftete Verbindungen Doppelkeile, welche ftets parallele Kanten geben (Fig. 448), oder dreifache Keile, deren beide Aufsenteile die zu verbindenden Teile mit Nafen umfaffen (Fig. 449). Dabei mufs die Summe der Nafenbreiten kleiner fein als der kleinfte Abftand zwifchen den Aufsenteilen, da fonft letztere nicht eingebracht werden können.

Fig. 448.

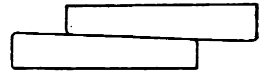
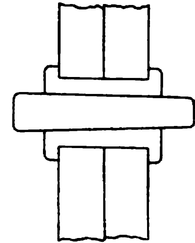


Fig. 449.



Bei mehrfachen Keilen nennt man die Teile, welche die zu verbindenden Stücke mit Nafen umfaffen, Nafenkeile, den eigentlichen Treibkeil Setzkeil. Die Kanten des einen Keilftückes, welche fich auf der fchrägen Fläche des anderen zu bewegen haben, rundet man etwas ab, damit kein Einfreffen vorkommt.

Der rechteckige Querfchnitt der Keile und Splinte wird wohl beiderfeits nach einem Halbkreife abgerundet, damit die verbundenen Teile ebenfo beanfprucht werden, wie durch Niet- oder Schrauben- oder Befeftigungsbolzen.

Um die Keile nachträglich nachziehen zu können, macht man die Keillöcher in den zu verbindenden Teilen etwas zu lang, fo dafs fie auf der unbelafteten Seite nicht ganz am Keile anliegen.

Um felbftthätiges Löfen der Keile zu verhindern, fteckt man bei einfachen Keilen einen Splint durch ein Bohrloch am dünnen Ende oder durch die verbundenen Teile und den Keil gemeinfam, in welchem Falle man behufs Erleichterung fpäteren Nachziehens auch eine kleine Druckfchraube verwenden kann. Doppelkeile und dreifache können fich nicht löfen, wenn die Teile nachträglich feft miteinander verbunden werden.

234. Berechnung der Keile und Splinte.

Bei rechteckigen Keilen, bezw. Splinten mufs die Stange neben dem Keile unter dem Zuge P ebenfo leicht abreifsen wie die beiden Keilendflächen, und eine der in den Keilflanken liegenden Ebenen im hinteren Stangenkopfe ab-, bezw. ausgefchert werden; fchliefslich darf der Lochlaibungsdruck s'' hinter dem Keile das zuläffige Mafs nicht überfchreiten. Die vorletzte Annahme macht man, weil die Keile felten fo genau paffen, dafs fie mit ihrer ganzen Fläche gleichmäfsig im Loche anliegen; oft mufs eine Kante die Laft vorwiegend tragen.

Die Beanfpruchung der Keile auf Biegung ift weniger gefährlich, als bei den Bolzen, weil der hochkantig geftellte Keilquerfchnitt grofsen Widerftand gegen Biegung leiftet. Immerhin empfiehlt es fich, die Prüfung der nach den oben angegebenen Rückfichten feftgelegten Keile auf ihre Biegungsbeanfpruchung nicht zu unterlaffen.

Wie früher feien t die zuläffige Scherfpannung im Keile und in der Stange, s' die zuläffige Zugfpannung in letzterer. Für das Rundeifen (Fig. 450) ergeben fich folgende 4 Gleichungen:

$$\left(\frac{d^2 \pi}{4} - d\,\delta\right) s' = P, \quad 2\,b\,\delta\,t = P, \quad d\,h\,t = P \text{ und } d\,\delta\,s'' = P;$$

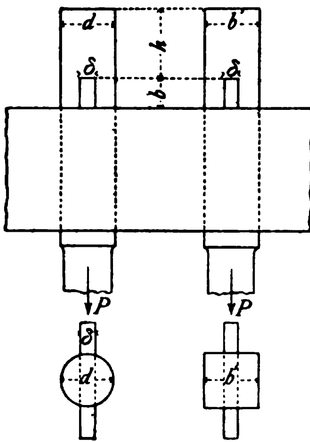


Fig. 450. Fig 451.

daraus folgt

$$\left.\begin{aligned} \delta &= \frac{1}{2}\sqrt{\frac{P\pi}{s''}\,\frac{1}{1+\frac{s''}{s'}}}, \\ d &= 2\sqrt{\frac{P}{\pi s''}\left(1+\frac{s''}{s'}\right)}, \\ b &= \sqrt{\frac{P}{\pi t}\,\frac{s''}{t}\left(1+\frac{s''}{s'}\right)}, \\ h &= \frac{1}{2}\sqrt{\frac{P\pi}{t}\,\frac{s''}{t}\,\frac{1}{1+\frac{s''}{s'}}}. \end{aligned}\right\} \quad \ldots \; 170.$$

Soll z. B. eine eiferne Stange mittels eifernen Keiles 3500 kg tragen, fo find $\frac{s''}{t} = 1{,}9$ und $\frac{s''}{s'} = 1{,}5$ zu fetzen, und macht man $s' = 800$ kg, fo find $t = 640$ und $s'' = 1200$ kg. Gleichung 170 liefert alsdann folgende Werte:

$$\delta = 0{,}95\ \text{cm}, \quad d = 3{,}08\ \text{cm}, \quad b = 2{,}88\ \text{cm} \quad \text{und} \quad h = 1{,}81\ \text{cm},$$

welche für die Ausführung abgerundet werden.

Für das Quadrateifen (Fig. 451) lauten die Gleichungen:

$$b'(b'-\delta)\,s' = P, \quad 2\,b\,\delta\,t = P, \quad b'\,h\,t = P \quad \text{und} \quad b'\,\delta\,s'' = P,$$

und daraus folgt

$$\left.\begin{aligned} \delta &= \sqrt{\frac{P}{s'+s''}\,\frac{s'}{s''}}, & b' &= \sqrt{P\,\frac{s'+s''}{s'\,s''}}, \\ b &= \frac{1}{2}\sqrt{\frac{P}{s'}\,\frac{s'+s''}{t}\,\frac{s''}{t}}, & h &= \sqrt{\frac{P}{s'+s''}\,\frac{s'}{t}\,\frac{s''}{t}}. \end{aligned}\right\} \quad \ldots \; 171.$$

Für obiges Beifpiel giebt Gleichung 171 die Werte:

$$\delta = 1{,}08\ \text{cm}, \quad b' = 2{,}7\ \text{cm}, \quad b = 2{,}56\ \text{cm} \quad \text{und} \quad h = 2{,}08\ \text{cm}.$$

Meiftens wird man die Enden der Eifen vor Herftellung des Loches behufs Ausführung obiger Mafse etwas anftauchen, fo dafs die Abmeffungen d und b' nicht in der ganzen Stange durchgeführt zu werden brauchen, fondern auf die der Fläche $\frac{P}{s'}$ entfprechenden Mafse vermindert werden können (Fig. 450 u. 451).

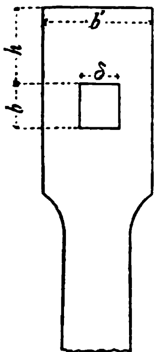


Fig. 452.

Für das Flacheifen (Fig. 452) des Querfchnittes $\frac{P}{s'}$ und der Dicke δ' ergeben fich die Mafse im Keilanfchluffe aus den 4 Gleichungen:

$$(b'-\delta)\,\delta'\,s' = P, \quad 2\,b\,\delta\,t = P, \quad h\,\delta'\,t = P \quad \text{und} \quad \delta\,\delta'\,s'' = P,$$

woraus folgt:

$$\delta = \frac{P}{s''\,\delta'}, \quad b' = \frac{P}{\delta'}\,\frac{s'+s''}{s'\,s''}, \quad b = \frac{\delta'}{2}\,\frac{s''}{t}, \quad h = \frac{P}{t\,\delta'}. \quad . \; 172.$$

Soll z. B. eine Flacheifenftange von $\delta' = 1{,}5$ cm Dicke eine Laft von 5000 kg bei den obigen Spannungsverhältniffen tragen, fo werden nach Gleichung 172

$$\delta = 2{,}74\ \text{cm}, \quad b' = 7\ \text{cm}, \quad b = 1{,}43\ \text{cm} \quad \text{und} \quad h = 5{,}3\ \text{cm}.$$

Die Stangenbreite felbft ift $\frac{5000}{800 \cdot 1{,}5} = 4{,}2$ cm.

Nach diefen Gleichungen wird nun die Keilbreite *b* für gleiche Sicherheit in allen Teilen bei Flacheifen faft regelmäfsig, bei Rund- und Quadrateifen häufig fo gering, dafs man fie für die Ausführung über das berechnete Mafs hinaus vergröfsern mufs; alsdann find alle anderen Mafse beizubehalten; der ganze Anfchlufs ift aber um das Mafs, das dem theoretifchen *b* zugefetzt wurde, zu verlängern.

Die Vergröfserung von *b* wird bei Doppelkeilen und dreifachen Keilen immer nötig, weil fonft die einzelnen Teile unausführbar geringe Breitenabmeffungen erhielten. Man macht

$b = 3\,\delta$ bis $4\,\delta$ für Doppelkeile und

$b = 4\,\delta$ bis $5\,\delta$ für dreifache Keile.

Selbftverftändlich mufs der Keil an beiden Seiten des angefchloffenen Teiles fo viel Auflagerlänge haben, dafs auch hier der zuläffige Flächendruck auf den ftützenden Teilen nicht überfchritten wird.

Sehr häufig werden Keilanfchlüffe, namentlich die mit abgerundeten Keilen, auch nach den zu Fig. 442 bis 444 gegebenen Regeln ausgeführt, indem man die Augen um fo viel verlängert, wie die Keillänge *b* den zu den Abbildungen gehörenden Bolzendurchmeffer d'' übertrifft.

---

2. Kapitel.

Verlängerung von Eifenteilen.

235. Allgemeine Regeln.

Die Verlängerung von Eifenteilen kommt hier nur für Konftruktionsteile aus Schweifseifen oder Stahl in Frage.

Die Verlängerung einfacher Querfchnitte ift zum Teile bereits bei den Verbindungen durch Niete (Fig. 417 bis 420), Schrauben (Fig. 443 u. 444) und Keile (Fig. 450 bis 452) behandelt worden, da alle dort für Anfchlüffe an anderweitige Teile gegebenen Formen und Regeln auch für den Zufammenfchlufs gleichartiger Teile verwendet werden können.

Die bei Verlängerungen zu beobachtenden allgemeinen Regeln find folgende:

1) Die Mittelkraft aller Spannungen mufs in fämtlichen Teilen der Verbindung in die Schwerpunktsachfe der verbindenden und verbundenen Teile fallen.

2) Derjenige Querfchnitt der zu verlängernden und der verbindenden Teile, welcher durch die bei faft allen Verbindungen nötige Lochung am meiften gefchwächt ift, mufs auch den vom ganzen Gliede verlangten Sicherheitsgrad befitzen. Daher mufs entweder das ganze Glied um die Verfchwächung in der Verbindung mit Rückficht auf das bei den Nietungen (in Art. 201, S. 147 u. 218, S. 159) Gefagte verftärkt werden, oder man mufs dem Teile ein befonders geformtes Verbindungsglied anfchweifsen oder anftauchen, wie in Fig. 443, 444, 450 u. 451.

3) Die verbindenden Teile: Niete, Schrauben, Keile u. f. w., follen in fich auf Abfcherung, Biegung und Lochlaibungsdruck denfelben Sicherheitsgrad befitzen wie die verbundenen Teile an der fchwächften Stelle. Bezeichnen s'_a die zuläffige Längsfpannung in den verbundenen Teilen und etwaigen Lafchen, s'_b diejenige in den verbindenden, s'' den zuläffigen Lochlaibungsdruck, t die zuläffige Scherfpannung in den verbindenden, t' diejenige in den verbundenen Teilen und Lafchen, fo kann

man nach den gemachten Erfahrungen folgende Verhältniſſe dieſer Spannungsgröſsen einführen, wenn die verbindenden Teile als aus beſonders gutem Stoffe hergeſtellt angenommen werden:

$$\frac{s'_b}{s'_a} = 1{,}25\,, \quad \frac{t}{s'_a} = 1\,, \quad \frac{t'}{s'_a} = 0{,}8 \quad \text{und} \quad \frac{s''}{s'_a} = 1{,}5 \text{ bis } 2{,}0 \quad . \quad . \quad 173.$$

4) Die verbundenen Teile müſſen hinter der Lochung für die verbindenden noch ſtark genug ſein, um nicht auszureiſsen, bezw. ausgeſchert zu werden.

5) Bei Verlängerung gedrückter Glieder rechnet man ſelten auf Kraftübertragung durch Flächendruck; meiſt macht man die verbindenden Teile, wie bei Zug, ſtark genug zur Uebertragung der ganzen Kraft.

Nach dieſen Regeln laſſen ſich die Verlängerungen einteiliger Querſchnitte unter Benutzung der im vorhergehenden Kapitel gegebenen Formeln ſtets ausführen.

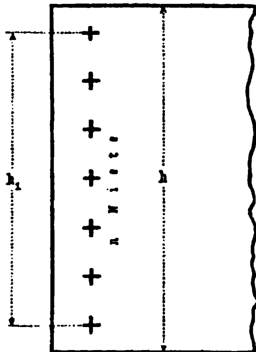
Nietverbindungen kommen hauptſächlich bei Verlängerung von Blechen, Flacheiſen, Formeiſen und Eiſenteilen zuſammengeſetzten Querſchnittes, Keile faſt nur bei Verlängerung von Flacheiſen, Schrauben bei Verlängerung von Rundeiſen zur Anwendung. Bei Flacheiſen hat man früher auch noch andere Verbindungsweiſen benutzt.

a) Verlängerung von Blechen.

Die Verlängerung von Blechen kommt bei Bauarbeiten vorwiegend in dem Falle vor, daſs die Bleche hochkantig ſtehen und biegenden, ſowie abſcherenden Kraftwirkungen ausgeſetzt ſind, nämlich in den Wänden von Blechträgern. Dieſe Verbindungen liegen meiſt an ſolchen Stellen, wo allein oder vorwiegend Biegungsmomente wirken; der Einfluſs erheblicher Scherkräfte auf dieſe Verbindungen ſoll unten kurz erläutert werden. 236. Verlängerung von Blechen.

Die anzugebende Formel für die erforderliche Nietzahl beruht auf der Grundannahme, daſs die Leiſtungen der einzelnen Niete gerade ſo, wie diejenigen der Teile der Blechwand ſelbſt in geradem Verhältniſſe zum Abſtande von der Mitte der Höhe ſtehen, und im ſtande ſein müſſen, das Biegungsmoment zu übertragen, welches die volle Blechwand bis zur zuläſſigen Grenze der Spannungen in Anſpruch nimmt.

Fig. 453.



Bezeichnet s' die Beanſpruchung, die man mit Rückſicht auf die an der Verbindungsſtelle durch die Lochung eintretende Erhöhung an der Ober- und Unterkante des vollen Bleches zuläſst (in der Regel 600 bis 800 kg für 1 qcm); s'' den zuläſſigen Lochlaibungsdruck zwiſchen Niet und Lochwandung, t' die zuläſſige Scherſpannung im Niete; h die Höhe der Blechwand; h_1 die Höhe des Teiles, auf welchem mit Rückſicht auf den erforderlichen Randabſtand $a = 1{,}5\, d$ (ſiehe Art. 209, S. 153) oder wegen anderer Rückſichten Niete untergebracht werden können (Fig. 453); k die in die Rechnung einzuführende geringſte Tragfähigkeit eines Nietes, d. h. bei der regelmäſsig auszuführenden doppelten Laſchung den kleineren der beiden Werte $d\,\delta\,s''$ oder $2\,\frac{d^2\,\pi}{4}\,t'$; δ die Dicke der Blechwand — ſo iſt die Anzahl n der Niete zu beſtimmen nach

$$n = \frac{1}{2}\left[\frac{s'\,\delta\,h^2}{k\,h_1} - 1 + \sqrt{\left(\frac{s'\,\delta\,h^2}{k\,h_1} - 3\right)^2 - 8}\,\right] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 174.$$

Diefe Zahl ift dann nach Erfordernis in einer, zwei oder drei Reihen unterzubringen.

Für nicht allzu geringe Blechhöhen h kann die Näherungsformel

$$n = \frac{s' \delta h^2}{k h_1} - 2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 175.$$

benutzt werden.

Beifpiel. Eine $h = 100$ cm hohe und $\delta = 1{,}0$ cm ftarke Blechwand fei im vollen Bleche mit der Randfpannung von $s' = 700$ kg für 1 qcm belaftet und mit Nieten von $d = 2$ cm zu verlafchen; t' foll 600 kg für 1 qcm und $s'' = 1400$ kg für 1 qcm fein. Alsdann ift $k = 1 \cdot 2 \cdot 1400 = 2800$ kg oder $= 2 \frac{2^2 \pi}{4} 600 = 3768$ kg, alfo gleich 2800 kg zu fetzen. h_1 wird $= h - 2 \cdot 1{,}5\, d = 100 - 6 =$ 94 cm. Demnach ift

$$\frac{s' \delta h^2}{k h_1} = \frac{700 \cdot 1 \cdot 100^2}{2800 \cdot 94} = 26{,}6\,,$$

fomit nach Gleichung 174

$$n = \frac{1}{2}\left[26{,}6 - 1 + \sqrt{(26{,}6 - 3)^2 - 8}\right] = 24{,}5 = \infty\ 25 \text{ Niete.}$$

Die Näherungsgleichung 175 liefert $n = 26{,}6 - 2 = 24{,}6$ Niete, alfo denfelben Wert.

Sollten diefe in einer Reihe ftehen, fo könnte die Teilung nur $\frac{94}{25} = 3{,}76$ cm betragen, was unmöglich ift.

Werden in zwei Reihen: vorn 13, hinten 12 Niete, untergebracht, fo ift die Teilung $\frac{94}{12} = 7{,}833$ cm, und die Kantenfpannung des Bleches in der Nietreihe ift dann mit $s' = \frac{700 \cdot 7{,}833}{7{,}833 - 2} = 940$ kg zu rechnen. Erfcheint diefe zu hoch, fo müffen drei Nietreihen angeordnet werden. Wird diefe Beanfpruchung zugelaffen, fo ift die erforderliche Nietteilung e bei zweireihiger Nietung nach Gleichung 127 (S. 154) für $n' = 2$ und $s' = 940$

$$e = 2\left(1 + \frac{2 \cdot 1400}{940}\right) = 7{,}96 \text{ cm}$$

gegenüber der thatfächlichen von 7,83 cm. Die Nietteilung ift alfo auch knapp, und es dürfte fich daher bei forgfältiger Durchbildung empfehlen, die 25 Niete in drei Reihen mit 9, 8 und 7 Nieten unterzubringen, wodurch gleichzeitig eine erhebliche Abminderung der gröfsten Kantenfpannung des Bleches an der Nietftelle erzielt würde.

237. Berückfichtigung der Scherfpannungen.

Tritt neben der Biegungsfpannung s' noch eine erhebliche Scherfpannung t auf, fo führe man in die Gleichungen 174 u. 175 ftatt s' den Wert $\sqrt{s'^2 + t^2}$ ein und wird dann die Scherfpannung reichlich berückfichtigt haben.

b) Verlängerung von Flacheifen und Rundeifen.

238. Verlängerung von Flacheifen.

Für die Verlängerung von Konftruktionsteilen, die aus Flacheifen gebildet find, werden hauptfächlich die nachftehenden Mittel verwendet.

1) Klammerverbindung (Fig. 454[98]). Eine nach Art der Holzklammern (fiehe Art. 121, S. 99) geftaltete Klammer bewirkt die Vereinigung der beiden zu verbindenden Teile; an einem der letzteren ift ein Haken, am anderen ein Auge angefchmiedet; ebenfo ift die Klammer am einen Ende mit einem Haken, am anderen mit einer Oefe verfehen[99]).

Fig. 454.



2) Splint- und Keilverbindung, deren Anordnung aus Fig. 455 u. 456[98]) ohne weiteres erfichtlich ift.

3) Gelenkverbindung (Fig. 457), deren Bolzen mit oder ohne Schraubengewinde gebildet ift.

98) Fakf.-Repr. nach: *Gazette des arch.* 1873, S. 76 u. 77.

99) Diefe Verbindungsweife ift von *Pierre de Montereau* in der *Sainte-Chapelle* zu Paris in Anwendung gekommen; die Verbindungsklammern find nach Art der Ketten in gröfserer Zahl aneinander gereiht.

4) Keil-, bezw. Splintverbindung unter Zuhilfenahme von Ringen. An die Enden der zu verbindenden Teile werden Nafen angefchmiedet; die in entgegengefetztem Sinne angeordneten Nafen werden in der durch Fig. 458 u. 459[98])

Fig. 455.

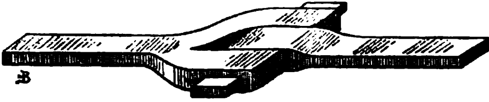


Fig. 456.

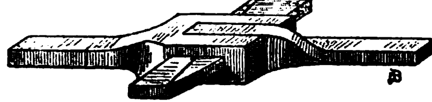
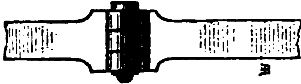


Fig. 457.



veranfchaulichten Weife aneinander gelegt und durch Keile, bezw. Splinte auseinander gehalten; zwei eiferne Ringe *a* haben die Löfung der Verbindung zu verhüten.

Bei den in Fig. 458 u. 459 dargeftellten Verbindungen find noch befondere Hilfsftücke erforderlich; wo Keile in Anwendung find, ift das Anfpannen des betreffenden Konftruktionsteiles möglich.

5) Verzahnung (Fig. 460 u. 461[98]). Auch hier wird häufig das Umlegen von zwei Eifenringen um die Verbindungsftelle notwendig.

6) Vernietung. Bei Verlängerung von Flacheifen kommt der einfeitige oder

Fig. 458.

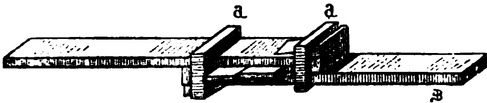
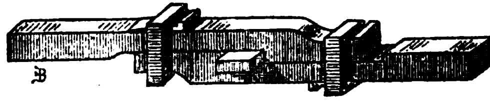


Fig. 459.



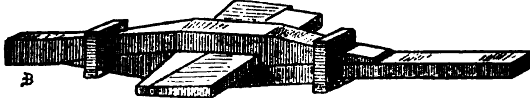
doppelte Anfchlufs, bezw. die einfache oder doppelte Verlafchung (fiehe Art. 214 bis 217, S. 157 bis 159) zur Verwendung.

Diefe Verbindungen find bis auf die unter 6 angeführten Vernietungen den altgewohnten Holzverbindungen nachgebildet, deren Geftalt fie gröfstenteils mit

Fig. 460.



Fig. 461.



unwefentlichen Veränderungen beibehalten haben. Sie können heute als veraltet angefehen werden, da fie faft durchweg durch die Verbindungen unter 6 und die im nachfolgenden zu befprechenden verdrängt find; nur die unter 3 angeführte Verbindung findet fich noch häufig bei Thür-, Fenfter- und Kaftenbefchlägen. Die Gründe des Verfchwindens diefer früher meift verwendeten Verbindungen liegen darin, dafs ihre Form dem Wefen des Eifens wenig entfpricht und daher hohe Herftellungskoften verurfacht und dafs die Wirkungsweife meift eine recht unvollkommene ift.

Die gefchweifsten Augen, wie in Fig. 455, find wegen der Schweifsung unzuverläffig; ebenfo bedingen Gabelungen, wie in Fig. 455 u. 456, ganz befonders forgfältige Herftellung, und die in Fig. 455, 456, 458, 459, 460 u. 461 verwendeten Einfchnitte für Keile find in der erforderlichen Geftalt fcharf nur mittels der Feile herzuftellen, daher vergleichsweife fehr teuer.

Sollen Konftruktionsteile, die aus Rundeifen gebildet find, verlängert werden, fo kann dies im wefentlichen in dreifacher Weife gefchehen: 239. Verlängerung von Rundeifen.

1) Der eine der zu verbindenden Teile wird in eine Oefe, der andere in einen

Haken ausgeschmiedet, welch letzterer nach Art der Kettenhaken gestaltet wird (vergl. Fig. 454).

2) Man benutzt die im vorhergehenden Kapitel (unter c) vorgeführten Bolzenverbindungen bei doppeltem Anschlusse oder doppelter Laschung (siehe Art. 228 bis 231, S. 167 bis 169).

3) Ein Spannschloss (Fig. 462) wird angewendet. Dasselbe besteht aus zwei vereinigten Muttern mit Gegengewinde, welche die mit Gewinde versehenen Enden von zwei Rundeisenstangen aufnehmen und durch starkes Anziehen die Erzielung von Anfangsspannungen in solchen Teilen gestatten, von denen man Straffheit schon vor der Belastung verlangt.

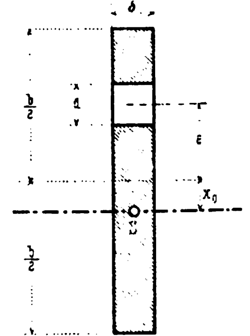
Fig. 462.



240. Stellung der Löcher in Bandeisen.

Ein Bandeisen, z. B. die Kopfplatte eines Blechträgers, welches durch zwei oder mehrere zur Mittellinie parallele Nietreihen mit anderen Teilen verbunden werden soll, wird nicht verstärkt, wenn man die Bolzen oder Nietlöcher in zwei zur Mitte symmetrisch liegenden Teilungslinien versetzt. Entgegen der viel verbreiteten gegenteiligen Ansicht erweist sich ein Band mit einem schief gesetzten Nietloche als höher beansprucht, d. h. schwächer, als ein gleiches mit zwei zur Mitte symmetrisch gestellten Löchern. Für das in Fig. 463 dargestellte Band, für welches sich die Schwerpunktslage gegen die geometrische Mitte aus $x_0 = \frac{d\,e}{b-d}$ ergiebt, folgt die gröfste Kantenbeanspruchung σ^1 an der Seite, nach welcher das Loch verschoben ist, bei der Spannkraft P aus

Fig. 463.



$$\sigma^1 = \frac{P}{\delta\,(b-d)} \left\{ 1 + \frac{6\,d\,e\,(b^2 - d\,[b - 2\,e])}{(b^3 - d^3)\,(b-d) - 12\,d\,b\,e^2} \right\} \quad . \quad 176.$$

Wären zwei Löcher symmetrisch zur Mitte angeordnet, so wäre die Spannung

$$\sigma^2 = \frac{P}{\delta\,(b - 2\,d)} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 177.$$

Derjenige Abstand e^1, den das eine Loch von der geometrischen Mitte erhalten darf, damit die Kantenspannung σ^1 gerade so grofs wird, wie die gleichförmig verteilte σ^2 bei Vorhandensein von zwei Löchern, ergiebt sich aus der Gleichsetzung $\sigma^1 = \sigma^2$ zu

$$e^1 = \sqrt{\frac{b^2\,(b - 2\,d)^2}{64\,d^2} - \frac{b^3 - d^3}{24\,d} - \frac{b\,(b - 2\,d)}{8\,d}} \quad . \; . \; . \; . \quad 178.$$

Ist die Lochmitte weiter, als um e^1 von der geometrischen Mitte entfernt, so erweist sich ein schief sitzendes Loch als ungünstiger, als zwei symmetrisch angeordnete.

Beispiel. Ein Band von der Stärke $\delta = 1$ cm soll durch $P = 16000$ kg im ungeschwächten Querschnitte mit 800 kg für 1 qcm beansprucht sein, mufs also $b = \frac{16000}{800 \cdot 1} = 20$ cm Breite erhalten. Erfolgt die Verbindung mit anderen Teilen durch Niete von $d = 2$ cm Durchmesser, so ist der Abstand e^1 von der Mitte nach der Gleichung 178

$$e^1 = \sqrt{\frac{20^2\,(20 - 2 \cdot 2)^2}{64 \cdot 2^2} - \frac{20^3 - 2^3}{24 \cdot 2} - \frac{20\,(20 - 2 \cdot 2)}{8 \cdot 2}} = 23{,}8 - 20 = 3{,}8 \text{ cm};$$

und die Beanspruchung wäre bei dieser Lochstellung so grofs, wie wenn zwei Löcher vorhanden wären, also nach Gleichung 177

$$\sigma^2 = \frac{16000}{1\,(20 - 2 \cdot 2)} = 1000 \text{ kg für 1 qcm}.$$

Nun wird es aber in den meiften Fällen aus verfchiedenen Gründen unthunlich fein, das Loch der Mitte fo nahe zu bringen; im vorliegenden Falle werden die Nietreihen in die Viertel der Bandbreite zu legen fein, fo dafs $e = \frac{20}{4} = 5$ cm wird. Bei Anordnung nur eines Loches in jedem Querfchnitte, d. h. beim Verfetzen der Niete in den Reihen gegeneinander, wird nun die gröfste Kantenfpannung nach Gleichung 176

$$\sigma^1 = \frac{16000}{1\,(20-2)}\left[1 + \frac{6 \cdot 2 \cdot 5\,[20^2 - 2\,(20 - 2 \cdot 5)]}{(20^3 - 2^3)\,(20 - 2) - 12 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 5^2}\right] = 1043 \text{ kg für } 1 \text{ qcm},$$

wird alfo fchon erheblich ungünftiger als bei zwei Löchern in demfelben Querfchnitte.

Da die Niete dem Aufsenrande meift noch näher gerückt werden müffen, als hier angenommen wurde, fo kann feftgeftellt werden, dafs das Verfetzen der Niete in zwei zur geometrifchen Mitte fymmetrifch liegenden Nietreihen gegeneinander ftets ein Fehler ift.

c) Verlängerung von Formeifen und Eifenteilen zufammengefetzten Querfchnittes.

Für Konftruktionsteile, die aus einzelnen oder mehreren Formeifen beftehen, kommen faft ausfchliefslich Vernietungen in Frage. Zur Anwendung kommen: 241. Verlängerung von Profileifen.

1) Für Winkeleifen die bereits in Art. 220 (S. 160) angegebenen Lafchungen.

2) Kreuzeifen werden durch doppelte Verlafchung eines jeden der 4 Schenkel verbunden. Diefes Verfahren ift unbequem, das Kreuzeifen hauptfächlich aus diefem Grunde felten.

Fig. 464.

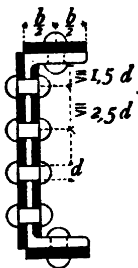
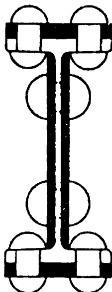


Fig. 465.



3) ⊏-Eifen werden mittels doppelter Lafchung des Steges und einfacher Lafchung der Flanfche geftofsen (Fig. 464).

4) Das I-Eifen wird wie das ⊏-Eifen geftofsen (Fig. 465).

5) Das T-Eifen wird mittels doppelter Lafchung des Steges und einfacher äufserer Lafchung des Flanfches geftofsen; diefer Stofs ift jedoch felten notwendig.

6) Das Z-Eifen wird wie die vorhergehenden geftofsen; indes hat der Stofs von Z-Eifen meift, z. B. in den Gelenken von Dachpfetten, nur als Auflager des einen Stückes zu dienen und befchränkt fich dann auf die doppelte Lafchung des Steges.

Bei der Berechnung diefer Verbindungen find die folgenden Punkte im Auge zu behalten. 242. Berechnung diefer Verbindungen.

Die Berechnung darf nicht für den Querfchnitt im ganzen aufgeftellt, fondern mufs für jeden Teil (Steg, Flanfch etc.) gefondert durchgeführt werden, damit nicht die Verbindung in einem Teile zu ftark, im anderen zu fchwach wird. Die Verbindungsteile (Niete, Bolzen, Keile) müffen in gleichartigen Teilen des Querfchnittes in diefelbe Schnittebene, in verfchiedenen Teilen können fie in verfchiedene Schnittebenen gebracht werden, damit der Querfchnitt, fo weit als möglich, durch die Lochung keine Schwerpunktsverlegung erfährt, deren fchädlicher Einflufs oben (Art. 240, S. 180) für das Bandeifen nachgewiefen wurde. Beim T-, ⊏- und L-Eifen ift dies nicht immer durchzuführen.

Liegt der Stofs in einem gedrückten Teile, welcher wegen des erforderlichen Widerftandes gegen Zerknicken eine Verftärkung gegenüber dem nur auf Druck nötigen Querfchnitte erfahren hat, in der Nähe der Mitte, fo mufs die Verbindung unter Zugrundelegen des voll belaftet gedachten, verftärkten Querfchnittes berechnet

werden; liegt der Stofs aber in der Nähe des Endes, wo die Gefahr des Zerknickens gering ift, fo braucht die Verbindung nur auf die gleichförmig über den ganzen Querfchnitt verteilt gedachte, wirklich vorhandene Drucklaft bemeffen zu werden (vergl. Art. 201, S. 147).

Für Teile, welche Spannungswechfeln ausgefetzt und daher mit Rückficht auf die *Wöhler*'fchen Verfuchsergebniffe[100]) bemeffen find, empfiehlt es fich, gleiche Spannungsermäfsigungen auch in den Verbindungen eintreten zu laffen. Dies gefchieht von felbft, wenn man die Verbindungsteile nicht mit Spannungswerten, fondern, von der Flächengröfse des verfchwächten Querfchnittes der zu verbindenden Teile ausgehend, mit den Verhältniszahlen der Spannungswerte in Gleichung 173 (S. 177) berechnet.

Uebrigens zeigt Fig. 465 ganz befonders deutlich, wie ungünftig viele Formeifen durch Stöfse beeinflufst werden. Obwohl für den Flanfch befonders dünne Niete benutzt find, ift doch faft der ganze Flanfch durch die Löcher befeitigt, und die Köpfe der Flanfchniete find fo nahe an die Steglafchen gerückt, dafs fie kaum ausgebildet werden können. Man thut daher gut, Verlängerungen folcher Formeifen ganz zu vermeiden.

243. Verlängerung zufammengefetzter Querfchnitte.

Für die zufammengefetzten Querfchnitte gelten fowohl die allgemeinen, wie auch die für mehrteilige Querfchnitte im vorftehenden gegebenen Regeln.

Man legt zwifchen die Teile zufammengefetzter Querfchnitte gern offene Schlitze von folcher Breite, dafs an den Stofsftellen entfprechend ftarke Lafchen für die inneren Teile unmittelbar auf diefe eingelegt werden können. Diefes Verfahren führt zu bequemen und gut wirkenden Verbindungen, hat aber den wefentlichen Nachteil, dafs die engen, langen Schlitze nicht genügend gereinigt und im Anftriche erhalten werden können. Bei Teilen, welche der Witterung oder Feuchtigkeit (z. B. Dampf) ausgefetzt find, fieht man daher von diefer an fich bequemen Anordnung zweckmäfsigerweife möglichft ab.

Von wefentlichem Einfluffe auf die Stofsanordnungen ift die Frage, ob man alle Teile des ganzen Querfchnittes in einer und derfelben Ebene, oder ob man einzelne Gruppen der Teile in verfchiedenen Ebenen ftöfst, d. h. ob man fog. Gefamtftöfse oder verfetzte Stöfse anordnet.

Die Verwendung des Gefamtftofses hat den Vorteil, dafs die zwifchen zwei Stöfsen liegenden Gliedteile in der Werkftätte vollkommen fertig geftellt werden können, fo dafs beim Aufftellen nur die Stofsverbindungsteile einzufügen find; allein das Durchfchneiden aller Teile an einer Stelle ift der gleichmäfsigen Widerftandsfähigkeit aller Querfchnitte des betreffenden Bauteiles nicht zuträglich.

Hat man die Stöfse verfetzt, fo können die überragenden Enden der Gruppen erft nach dem Zufammenlegen verbunden werden; daher ergiebt fich viel Arbeit auf der Bauftelle felbft, aber zugleich eine gleichmäfsigere Widerftandsfähigkeit.

Gefamtftöfse wird man demnach anbringen, wenn es fich um fchnelles und bequemes Aufftellen handelt, namentlich dann, wenn an beftimmten Stellen der Glieder verminderte Feftigkeit zuläffig erfcheint oder leicht eine Verftärkung durch anderweitige Konftruktionsteile (z. B. grofse und ftarke Knotenbleche) erzielt werden kann; verfetzte Stöfse dagegen, wenn es bei langen Konftruktionsteilen auf thunlichft gleichmäfsige Feftigkeit in allen Querfchnitten in erfter Linie ankommt und die nach-

100) Siehe Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte diefes »Handbuches«, Art. 283, S. 248.

trägliche Verbindung der überſtehenden Teile auf der Bauſtelle keine erheblichen Schwierigkeiten verurſacht.

Wegen der angegebenen Vereinfachung der Herſtellung bildet die Anordnung von Geſamtſtöſsen heute bei allen Bauarbeiten die Regel.

214. Einfachere Verlängerungen dieſer Art

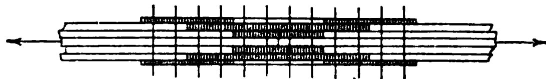
Die einfacheren Formen zuſammengeſetzter Querſchnitte ſind die folgenden.

1) Das mehrfache Flacheiſenband. Iſt ein Schlitz darin vorhanden, ſo erfolgt die Verbindung durch eine eingelegte Laſche; bei Geſamtſtoſs muſs der Schlitz die doppelte Stärke des einzelnen Bandes haben, bei verſetztem Stoſse die einfache. Bei verſetztem Stoſse muſs ſelbſtverſtändlich zwiſchen den beiden Stoſsſtellen die Zahl der für den Stoſs nötigen Verbindungsteile (Niete, Bolzen) doppelt vorhanden ſein.

Iſt kein Schlitz angeordnet, ſo erfolgt die Verbindung für Geſamtſtoſs durch beiderſeits, für verſetzten Stoſs durch einſeitig aufgelegte Laſchen von der Stärke der Bänder.

Soll von mehreren unmittelbar aufeinander liegenden Bändern eines der inneren geſtoſsen werden, ſo muſs man die Stoſslaſche ein- oder zweiſeitig auf die äuſserſten Bänder legen. Man hat ſich dann aus den nicht geſtoſsenen Bändern die in Fig. 466 veranſchaulichte Laſchenreihe herausgeſchnitten zu denken, worin ſich die Länge der eigentlichen Auſsenlaſchen nach jeder Seite des Stoſses aus derjenigen Anzahl von Verbindungsteilen ergiebt, welche einmal mehr diejenige Anzahl enthält, welche zur Uebertragung der im geſtoſsenen Bande wirkenden Kraft erforderlich iſt, als Bänder zwiſchen dem geſtoſsenen Bande und der Laſche liegen; in Fig. 466 ſind zwei Nietreihen für die Kraftübertragungen und zwei Platten zwiſchen Stoſs und Laſche angenommen; die Zahl der Nietreihen zu jeder Seite des Stoſses beträgt alſo $2(2+1)=6$.

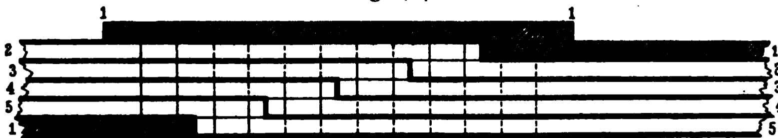
Fig. 466.



In Fig. 466 iſt zunächſt nur ein Stoſs in der mittelſten Platte gedacht, welcher durch die langen Auſsenlaſchen gedeckt wird. Fig. 466 läſst aber ohne weiteres erkennen, daſs man ohne Vermehrung der Niete oder der Laſchen auch in alle übrigen Platten je einen Stoſs einlegen kann, nämlich in jeder Platte an einem Ende der als Laſchen gedachten, überſtrichelten Stücke. Die Auſsenlaſchen ſind ſo ſtark zu machen wie die ſtärkſte der zu ſtoſsenden Platten.

Der Stoſs einer Mehrzahl von zuſammenliegenden Platten für den Fall, daſs man eine Laſche nur an einer Seite auflegen kann, erfolgt nach Fig. 467 in der

Fig. 467.



Weiſe, daſs man die für die einſchnittige Verbindung erforderliche Nietzahl einmal öfter ſetzt, als zu ſtoſsende Platten da ſind, die Stöſse treppenförmig zwiſchen dieſe Gruppen legt, und alle Niete auf der einen Seite durch eine lange, an Dicke der ſtärkſten Platte gleiche Laſche faſst. Dies iſt z. B. die gewöhnliche Art des Stoſses einer gröſseren Zahl von Gurtplatten eines Blechträgers, die man der Winkeleiſen und der Wand wegen nur von auſsen mit einer Laſche faſſen kann.

In Fig. 467 ſind fünf Platten zu ſtoſsen, und es iſt angenommen, daſs zwei Nietreihen zur einſchnittigen Verbindung je zweier Platten genügen. Daher ſind $(5 + 1)\ 2 = 12$ Nietreihen geſetzt. Die Ueberführung der Kräfte iſt dabei ſo zu denken, wie es für die Platten $1, 1$ und die Laſche durch Ueberſtricheln, für die übrigen durch ſtarke Einrahmung der zuſammengehörigen Stücke und für die Niete durch Ausziehen der in Frage kommenden Strecken der durchgezogenen Schäfte angedeutet iſt.

2) Der aus Formeiſen und Blechen zuſammengeſetzte T- und +-förmige Querſchnitt. Fig. 468 u. 469 [101]) zeigen T-förmige Querſchnitte aus zwei Winkeleiſen, und zwar Fig. 468 die Stoſsanordnung für Geſamtſtoſs, wenn ein

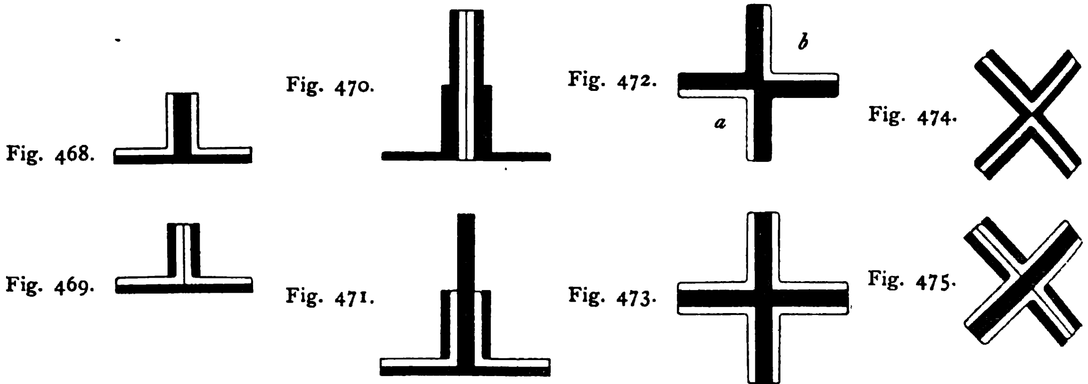


Fig. 468. Fig. 469. Fig. 470. Fig. 471. Fig. 472. Fig. 473. Fig. 474. Fig. 475.

Schlitz angeordnet iſt, Fig. 469, wenn letzterer fehlt. Die Verbindung der Winkeleiſen auſserhalb der Laſchen geſchieht in Fig. 468 durch Stehniete mit der Teilung $\leqq 15\ d$, in Fig. 469 durch Heftniete mit der Teilung $\leqq 8\ d$.

In Fig. 470 u. 471 ſind T-förmige Querſchnitte aus Winkeleiſen und Blechen dargeſtellt, bei denen der Geſamtſtoſs ſehr unbequem werden würde. Fig. 470 zeigt den Stoſs der Bleche, Fig. 471 denjenigen der Winkeleiſen an verſetzter Stelle. Fig. 472 bis 475 geben die Anordnung einiger +-förmiger Querſchnitte aus vier Winkeleiſen. Sind Schlitze angeordnet, ſo erfolgt die Verbindung der Winkeleiſen untereinander durch wechſelweiſes Einlegen von Blechſtreifen dicht übereinander in beide Schlitze in Abſtänden $\leqq 20\ d$; fehlen die Schlitze, ſo werden Heftniete in Abſtänden $\leqq 8\ d$, in den Schenkeln eines Winkeleiſens verſetzt, eingezogen. Im beſonderen ſtellen Fig. 472 den verſetzten Stoſs des +-förmigen Querſchnittes in den Winkeleiſen *a* und *b* mit ſchmalem Schlitze, Fig. 473 den Geſamtſtoſs desſelben Querſchnittes bei breitem Schlitze, Fig. 474 den verſetzten Stoſs eines geſchloſſenen und Fig. 475 den Geſamtſtoſs eines halb geſchloſſenen Kreuzquerſchnittes dar. Aus dieſen Beiſpielen folgen die übrigen Arten dieſes Querſchnittes. Liegen Bleche zwiſchen den Winkeleiſen, ſo iſt Geſamtſtoſs oder verſetzter Stoſs nach Fig. 474 anzuwenden.

Fig. 476. Fig. 477. Fig. 478.

3) Der Kreuzquerſchnitt aus zwei Winkeleiſen muſs ſtets zwei Schlitze haben, da die Verbindung der Winkeleiſen nur durch eingelegte Blechſtäbe erfolgen kann. Daher wird der Geſamtſtoſs (Fig. 476) angeordnet. Die Schlitze haben hier die früher bezeichneten Uebelſtände nicht im Gefolge, da alle Winkeleiſenflächen zugänglich bleiben.

[101]) In Fig. 468 bis 478 ſind durchlaufende Teile ſchwarz gekennzeichnet, Laſchen ſchraffiert, geſtoſsene Teile weiſs gelaſſen.

4) Der **Z**-förmige Querſchnitt aus zwei Winkeleiſen kann offen mit Stehnieten oder geſchloſſen mit Heftnieten angeordnet ſein. In beiden Formen erhält er am beſten Geſamtſtoſs (Fig. 477 u. 478).

Nach dieſen einfachen Beiſpielen laſſen ſich auch verwickeltere Querſchnitte behandeln. Bei dieſen iſt noch mehr, als bei den obigen mehrteiligen Querſchnitten, die Regel von Wichtigkeit, daſs man den Querſchnitt für die Berechnung in ſeine einfachen Teile (Bänder, Platten, Winkelſchenkel, Stege und Flanſche von **[**-Eiſen u. ſ. w.) zerlegen, für jeden den auf ihn entfallenden Anteil der den ganzen Konſtruktionsteil beanſpruchenden Kraft ermitteln und auf dieſer Grundlage die Verbindung für jeden Teil für ſich berechnen ſoll. Rechnet man für gröſsere Gruppen von Querſchnittsteilen die nötige Stärke der Verbindung im ganzen aus, ſo wird man meiſt die Verbindung für einzelne Teile der Gruppe zu ſtark, für andere zu ſchwach ausbilden. 245. Verwickeltere Verlängerungen dieſer Art.

Sollen Teile von verſchiedener Querſchnittsgröſse vereinigt werden, ſo iſt die Verbindung auf den ſchwächeren einzurichten; denn da kein Teil mehr als die ſeinem Querſchnitte entſprechende Kraft tragen ſoll, ſo darf aus einem ſtärkeren Teile ſtets nur ſo viel Kraft an den ſchwächeren abgegeben werden, als dem Querſchnitte des letzteren entſpricht, und auf dieſe Abgabe braucht demnach die Verbindung nur bemeſſen zu ſein.

---

3. Kapitel.

Eckverbindung, Endverbindung und Kreuzung von Eiſenteilen.

Die in dieſem Kapitel zu beſprechenden Verbindungen ſind ſo mannigfaltiger Art, daſs nur eine Reihe von Beiſpielen vorgeführt werden kann. 246. Ueberſicht.

Die Berechnung dieſer Verbindungen erfolgt auf Grund der Regeln, welche in Kap. 1 für Vernietungen, Verſchraubungen und Keilverbindungen gegeben wurden.

Niete, welche in der Richtung der Schaftachſe gezogen werden, ſollen hier, wie bei allen Verbindungen, nach Möglichkeit vermieden werden.

Die nachſtehenden Beiſpiele ſind keine feſtſtehenden Formen; die gewählten Anſchlüſſe können meiſt auch für eine Reihe anderer Fälle ausgeführt, namentlich können die Niete meiſt durch Schrauben erſetzt werden.

a) Eck- (L-) Verbindungen.

1) Verbindung zweier Flacheiſen (Fig. 479 bis 483). Bei der Verbindung in Fig. 479 iſt das eine der beiden Flacheiſen umgeſchmiedet und hierauf mit dem 247. Flacheiſen.

Fig. 479.

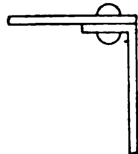


Fig. 480.

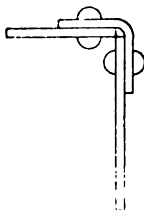


Fig. 481.

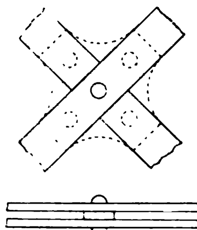
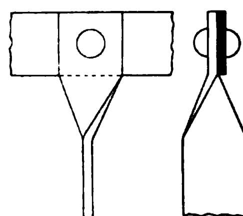


Fig. 482.



zweiten vernietet; dieſe häufig angewendete Rahmenverbindung iſt gegen Zug nur wenig widerſtandsfähig.

In Fig. 480 iſt zur Verbindung eine gebogene Laſche aufgelegt, ſo daſs die Innenſeite glatt bleibt; ſoll innen keine Unebenheit vorhanden ſein, ſo müſſen die Niete innen verſenkt werden. Die Laſche kann auch innen liegen (vergl. Fig. 494).

Flach liegende Eiſen können nach Fig. 481 verbunden werden; ſoll dabei Drehung um den einen Niet verhindert werden, ſo füge man zwiſchen die Flacheiſen ein Knotenblech ein, welches das Einſetzen eines zweiten Nietes in jedes Eiſen, wie z. B. in Fig. 488 u. 492, geſtattet. Werden hochkantig ſtehende Flacheiſen bloſs durch Niete verbunden, ſo wird das Verdrehen des einen oder beider, wie in Fig. 482, erforderlich.

Fig. 483.

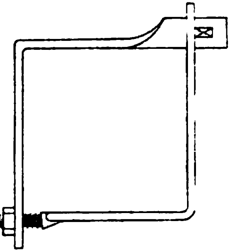
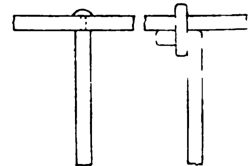


Fig. 483 zeigt die Eckverbindungen eines Klemmbandes für mehrteilige Holzſtiele unter Verwendung von Keil- und Schraubenverbindung. Für Keile muſs das Band von vornherein entſprechend breit gewählt und verdreht werden; für Schraubengewinde wird das Zuſammenſchweiſsen von Flach- und Rundeiſen nötig.

248. Quadrat- und Rundeiſen. 2) Für Quadrateiſen und Rundeiſen ſind Verbindungsarten in Fig. 484 u. 485 dargeſtellt, welche auch für T-Verbindungen brauchbar ſind. Soll die Ecke glatt ſein, ſo wird man ſie durch Umbiegen oder Umſchmieden gerader Eiſen herſtellen.

Fig. 484. Fig. 485.



249. L-Eiſen. 3) Winkeleiſen. Eine völlig glatte Ecke (Fig. 486) wird erzielt, wenn man aus dem einen Schenkel ein dem Eckenwinkel entſprechendes Dreieck herausſchneidet, den anderen umbiegt und die Fuge wieder zuſchweiſst. Dieſe Art der Eckenbildung iſt jedoch als Notbehelf anzuſehen. Namentlich in engliſchen Bauanſtalten wird ſie beſſer hergeſtellt, indem man je zwei zu biegende Winkeleiſen zugleich heiſs macht und nebeneinander legt, ſo daſs ein Querſchnitt entſteht, deſſen eine Hauptachſe in die Richtung des biegenden Druckes fällt. Die Winkel werden dann in ihrem Querſchnitte genau entſprechende, nach dem Winkel der herzuſtellenden Ecke geformte Guſslehren gelegt und unter Waſſerdruckpreſſen gebogen. Die Guſslehren ſichern dabei die

Fig. 486.

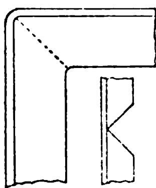


Fig. 487.

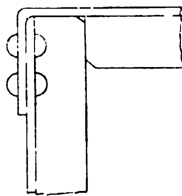


Fig. 488.

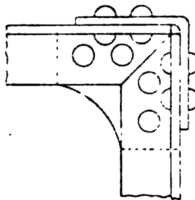


Fig. 489.

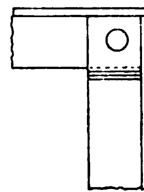
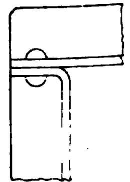


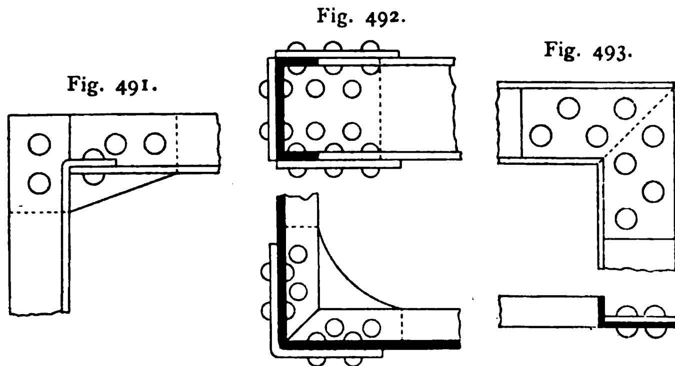
Fig. 490.



Wahrung des urſprünglichen Querſchnittes an allen Stellen, indem der Preſſendruck das völlige Umſchmieden der Winkel bewirkt, während das Wiedererzielen einer leidlich regelmäſsigen Geſtalt beim geſchweiſsten Winkeleiſen nach dem erſten Verfahren nicht leicht iſt. In Fig. 487 iſt der eine Schenkel ſo weit beſeitigt, daſs man den anderen zur Verbindung benutzen kann; dieſe Verbindung iſt aber wenig ſteif.

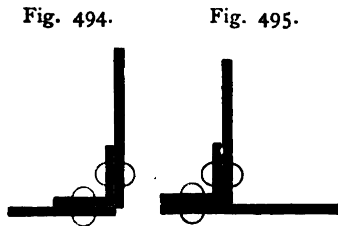
Eine beſſere Verbindung entſteht durch Laſchung beider Schenkel mit zwei Blechen (Fig. 488), von denen das eine ausgeſchnitten, das andere umgebogen

werden mufs; beide Lafchen find bequemer und beffer aufsen als innen anzubringen. Die Verbindung in Fig. 489 bedingt Kröpfung des einen Winkeleifens, wenn beide in einer Ebene liegen follen, ift übrigens nur zu brauchen, wenn Verdrehungen um die Achfe des Nietes nicht zu fürchten find. Fig. 490 ift zu verwenden, wenn ein innen glatter Rahmen gefordert ift, der mit gröfserer Feftigkeit auch nach Fig. 491 gewonnen werden kann, fobald man hier die Nietung innen verfenkt und das Knotenblech ausfchneidet.


Fig. 491. Fig. 492. Fig. 493.

250. C-Eifen.
4) **C**-Eifen können ftehend (Fig. 492) und liegend (Fig. 493) zufammenftofsen. Bei grofsen Querfchnitten verbindet man die Stücke im Stege mittels gebogener Lafche, in den Flanfchen durch zwei ausgefchnittene Knotenbleche (Fig. 492). Bei kleinen Eifen find die Flanfche oft zum Nieten zu fchmal; man mufs fich dann mit der Verlafchung des Steges begnügen, welche aufsen oder innen (Fig. 493) oder beiderfeits (Fig. 464 S. 181) erfolgen kann.

251. I-Eifen
5) **I**-Eifen find felten in einer Ecke zu vereinigen. Da die Flanfche hier meift noch fchmaler find, fo erfolgt die Verbindung durch gebogene Lafchen am Stege nach Fig. 507.

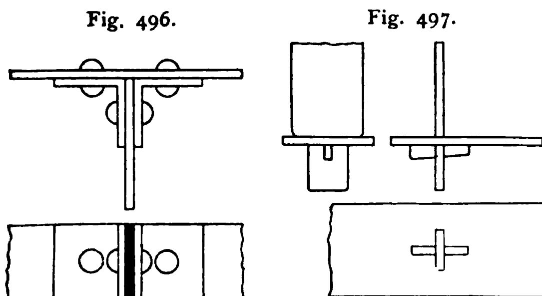

Fig. 494. Fig. 495.

252. Bleche.
6) Bleche für Gefäfse können in den Ecken nach Fig. 479 verbunden werden. Da diefe Verbindung aber fchwach ift, fo findet man meift Winkeleifen zur Verbindung verwendet, welche im Gefäfse (Fig. 494) oder aufsen (Fig. 495) oder beiderfeits eingefetzt werden oder die Bleche nach Fig. 480 aufsen umfaffen.

253. Zufammengefetzte Querfchnitte.
7) Zufammengefetzte Querfchnitte kommen in Eckverbindungen nur äufserft felten vor.

b) End- (T-) Verbindungen.

254. Flacheifen.
1) Flacheifen können, wenn fie flach liegen, mit Füllftück nach Fig. 481 oder ohne ein folches, wenn nötig unter Einfügen eines Knotenbleches, aufeinander genietet werden. Stehen fie hochkantig, fo müffen fie erft nach Fig. 482 um 90 Grad verdreht werden. Ohne Verdrehung werden hochkantig ftehende Flacheifen durch Winkellafchen nach Fig. 496, mittels Lochung und Keil nach Fig. 497 oder auch mit Schraube auf angefchweifstem Rundeifen nach Fig. 483 verbunden.


Fig. 496. Fig. 497.

255. Rund- u. Quadrateifen.
2) Rundeifen und Quadrateifen werden vereinigt, indem man

Fig. 498.

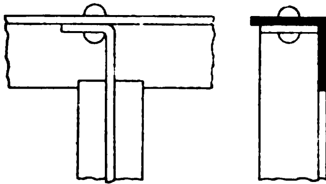


Fig. 500.

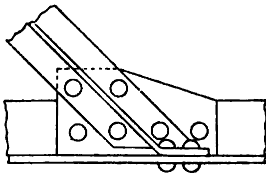
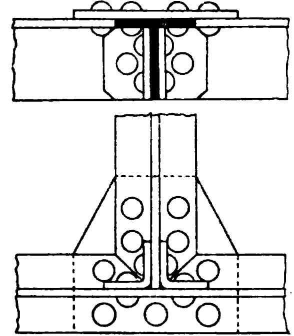


Fig. 499.



ein Stück durchbohrt und an das andere einen Stift anfeilt, welcher durchgesteckt und kalt umgenietet wird (Fig. 484); oder man fchmiedet das Ende des einen um und zieht auf diefes und das andere Stück einen Ring heifs auf, deffen Schlufs meift offen gelaffen wird (Fig. 485).

Mit Flacheifen kann eine Endverbindung nach Fig. 516 erzielt werden, indem man eine aus Bandeifen gebogene Schelle um das Quadrat- oder Rundeifen legt und mit dem Flacheifen verbolzt.

256. T-Eifen. 3) **T**-Eifen. Man fchneide an einem Stücke das Ende des Flanfches weg, biege den Steg um und niete oder fchraube ihn an den Steg des anderen Eifens; um feitliches Verfchieben zu verhindern, wird der Flanfch des einen Eifens etwas in den des anderen eingeklinkt (Fig. 498). Die Verbindung hat ebenfowenig Feftigkeit wie die ähnlichen in Fig. 479 u. 487.

Fig. 501.

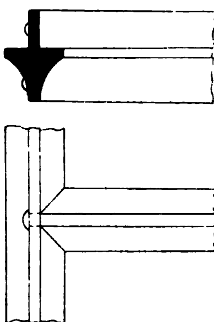


Fig. 502.

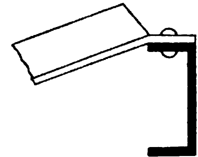
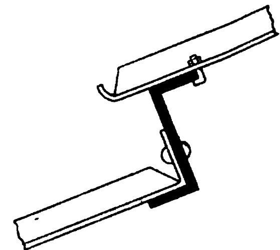


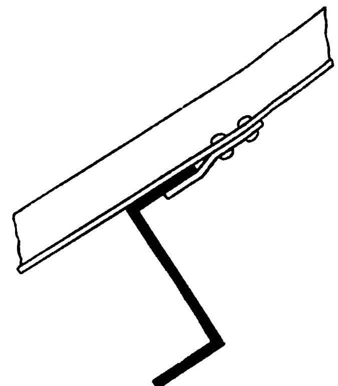
Fig. 503.



Wird gröfsere Widerftandsfähigkeit, namentlich auf Zug, im angefchloffenen Eifen verlangt, fo fchneide man die Flanfche auf Gehrung zufammen, verbinde fie durch ein Knotenblech und lege noch Winkellafchen zwifchen die Stege ein (Fig. 499).

Wird nicht verlangt, dafs die Flanfche in einer Ebene liegen, fo kann man auch den einen auf den anderen legen, erforderlichenfalls unter Einfügen eines Knotenbleches, und die Stege auf eine der obigen Arten vereinigen, wie dies für fchiefwinkeligen Anfchlufs in Fig. 500 gezeigt ift.

Fig. 504.



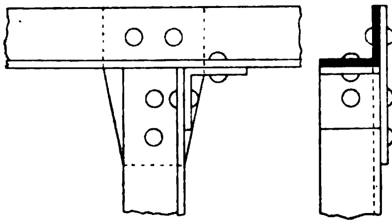
257. Sproffeneifen. 4) Sproffeneifen. Da bei Sproffeneifenverbindungen meift ungeftörtes Durchführen des Kittfalzes verlangt wird, fo fchneidet man die Sproffenflanfche auf Gehrung ineinander, durchbohrt das durchlaufende Eifen im Ausfchnitte zweimal und feilt an das endigende entfprechende Stifte an, welche, erhaben oder verfenkt, kalt vernietet werden (Fig. 501). Auch wenn das durchlaufende ein halbes (Rand-)Sproffeneifen ift, bleibt die Verbindung diefelbe.

Die **T**-Sproffen von Deckenlichtern ruhen in der Regel auf Pfetten. Stehen diefe lotrecht, fo biegt man

meift den Flanfch der geneigten Sproffe um, nachdem man den Steg behufs Gewinnung des Platzes zum Nieten oder Verfchrauben weggefchnitten hat, und bringt die Sproffe fo zu wagrechtem Auflager (Fig. 502). Stehen dagegen die Pfetten rechtwinkelig zur Deckenlichtfläche, fo kann man die Sproffen unmittelbar auflagern (Fig. 503); legt fich die Sproffe unten auf die Pfette, fo biege man den vom Stege befreiten Flanfch um und niete ihn an den Steg der Pfette, oder man ziehe Schrauben durch den Sproffenflanfch, welche hakenartig um den der Pfette greifen; bei beiden Anordnungen ift die den Pfettenquerfchnitt in unliebfamer Weife fchwächende Lochung der Pfettenflanfche vermieden.

Befonders beliebt ift in folchen Fällen die Verbindung in Fig. 504 mit Klemmhaken, da das Anbringen der Sproffen im Bauwerke bei ihrer Verwendung kein Arbeiten an Nieten oder Schrauben bedingt, auch die Befeftigungsteile, mit den Sproffen feft verbunden, mit diefen in einem Stücke verzinkt werden können. Nur wenn in Ausnahmefällen feitliche Verfchiebungen der Sproffe entlang der Pfette zu fürchten fein follten, ift diefe Verbindung nicht zuverläffig.

Fig. 505.



5) Winkeleifen. Stofsen die Winkeleifen mit den liegenden Schenkeln zufammen, fo find die Verbindungen der L-Eifen nach Fig. 498 bis 500 auszuführen oder diejenigen der Ecken aus Winkeleifen nach Fig. 487 bis 489 hierher zu übertragen. Endigt dagegen ein Winkel am ftehenden Schenkel des anderen, fo erfolgt die Vereinigung ohne Verfchneiden der Stücke mittels Winkellafche und untergelegten Knotenbleches nach Fig. 505. 258. L-Eifen.

6) Kreuzeifen werden mit anderen Teilen dadurch verbunden, dafs man zur Gewinnung von Platz für Niete und Schrauben zwei Flanfche wegfchneidet und fo eine breite Eifenplatte für den Anfchlufs fchafft. Die fo entftehende Schwächung ift meift unbedenklich, weil die Kreuzeifen faft nur in leichten Stützen und Steifen zufammengefetzter Träger vorkommen, daher auf Zerknicken berechnet find und fonach in der Mitte mehr Querfchnitt haben müffen, als an den Enden. 259. +-Eifen.

Fig. 506.

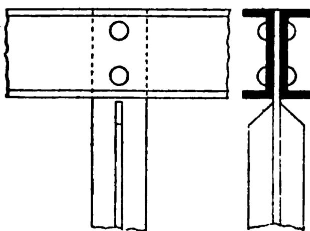


Fig. 506 zeigt den unmittelbaren Anfchlufs einer folchen +-Steife an die aus zwei C-Eifen mit Schlitz gebildete Gurtung eines Trägers.

7) I- und C-Eifen. Beide können in den Endverbindungen der Regel nach ganz gleich behandelt werden. Sind die zu vereinigenden Teile gleich hoch, fo fchneide man vom endigenden die Flanfche fo weit ab, dafs man den Steg bis an denjenigen des durchlaufenden heranfchieben kann, und verbinde die Stege durch Winkellafchen (Fig. 507). Bei ftarken Querfchnitten mit genügender Flanfchbreite kann man diefe Verbindung noch wefentlich durch Auflegen von Knotenblechen auf beide Flanfche, wie in Fig. 492, verftärken. 260. I- u. C-Eifen.

In vielen Fällen ift das endigende Eifen das fchwächere; man kann dann feinen unteren Flanfch auf denjenigen des durchlaufenden lagern, indem man das Herausziehen des eingelagerten durch lange Hakenbolzen nach Fig. 508 verhindert.

Die Mittel zum Anlagern diefer Walzträger (Balken) an zufammengefetzte Träger (Unterzüge) zeigt Fig. 509. Der Balken ift mittels doppelter Winkellafche an den Unterzug genietet und ruht aufserdem auf einem an die Wand des letzteren

Fig. 507.

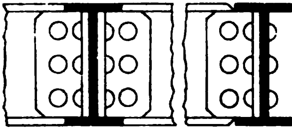


Fig. 508.

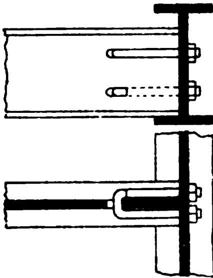
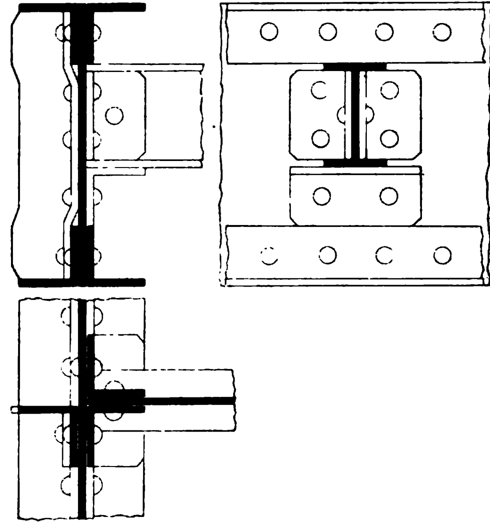


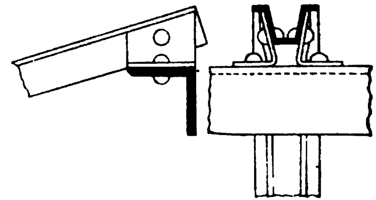
Fig. 509.



gefetzten Winkelabfchnitte, mit deffen wagrechtem Schenkel der Flanfch bei genügender Breite noch vernietet werden könnte.

Will man dem Balken Spielraum für Wärmebewegungen gewähren, fo erfetze man alle in ihn gezogenen Niete durch Schrauben, deren Löcher nach der Richtung feiner Länge länglich geformt werden. Der zufammengefetzte Träger ift in der Anfchlufsftelle aufsen durch ein Winkeleifen verfteift, damit die fchwache Wand nicht unter der Balkenlaft einknickt.

Fig. 510.



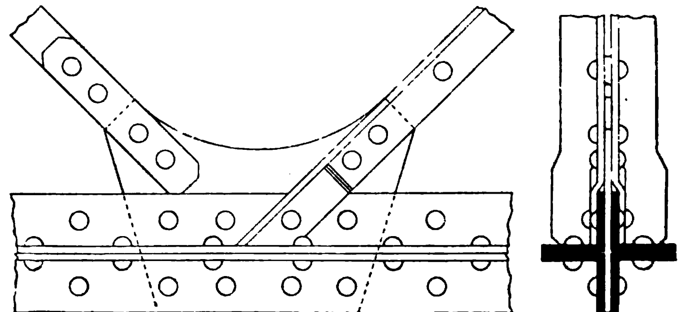
261. Rinneneifen.

8) Rinneneifen (unter Deckenlichtern) lagern mit ihren Enden auf Pfetten und werden, je nach der Stellung der letzteren, mit gerade oder fchief gefchnittenen Winkelblechen angefchloffen, wobei allerdings eine fchwache Lochung der Pfetten unvermeidlich ift (Fig. 510). Soll letztere vermieden werden, fo kann man in geeigneten Fällen auch die Anordnung in Fig. 517 u. 526 auf die Endverbindung übertragen.

262. Bleche.

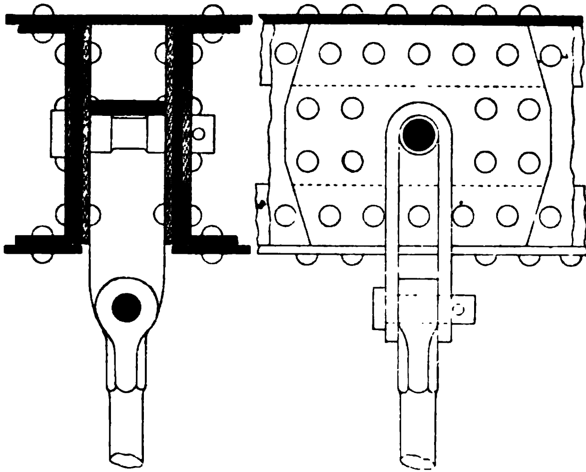
9) Bleche werden in Endverbindungen entweder durch Umbiegen des endigenden (Fig. 479) oder beffer mittels doppelten (Fig. 496) oder einfachen (Fig. 495) Verbindungswinkels vereinigt.

Fig. 511.



263. Zufammengefetzte Querfchnitte.

10) Zufammengefetzte Querfchnitte. Aus der ungemein grofsen


Fig. 512.

Zahl der hier denkbaren Fälle mögen nur zwei herausgegriffen werden.

Fig. 511 zeigt die Verbindung einer Flacheifen- und einer ┐┌-Diagonale aus der Wand eines Netzwerkträgers mit der unteren kreuzförmigen Gurtung.

Letztere befteht aus 4 Winkeleifen und nimmt in ihren lotrechten Mittelfchlitz zunächft ein Knotenblech auf. An diefes fchliefsen die Winkeleifen der Steife, fich auf die der Gurtung kröpfend, an, indem fie es mit ihrem Schlitze umfaffen, während das Flacheifenband mittels doppelter Verlafchung befeftigt ift. Zur Vereinfachung der Ausführung ift die Kröpfung der Steifenwinkel nicht parallel zu der fie veranlaffenden Kante der Gurtungswinkel, fondern winkelrecht zum Steifenwinkel gelegt. Das entftehende dreieckige Loch ift mit Blech, Eifenkitt oder Afphalt zu füllen.

In Fig. 512 ift ein Bolzenanfchlufs eines ftarken Rundeifens (Hängeftange) an einen zufammengefetzten Kaftenträger mit durchgehendem Kopfbleche gezeigt.

Der Anfchlufs erfolgt nach den in Kap. 1 (unter c, Art. 228 bis 231, S. 167 bis 169) gegebenen Regeln; jedoch beftehen die beiden Lafchen hier aus einem halbkreisförmig umgebogenen Bleche, welches fich, genau ausgehobelt und gefchmirgelt, auf den in den Wänden des Trägers befeftigten Bolzen hängt; diefer ift in der Mitte der Länge eingedreht, fo dafs an den Enden Arbeitsleiften entftehen, welche die Auflagerflächen des gebogenen Lafchenbleches möglichft dicht an die Stützflächen in den Trägerwänden rücken. Die Biegungsbeanfpruchung im Bolzen wird auf diefe Weife thunlichft verringert. Um in den Trägerwänden die nötige Lochlaibungslänge zu erhalten, find fie durch aufgenietete (in Fig. 512 fchraffierte) Platten verftärkt.

c) Kreuzungen (+-Verbindungen).

1) Flacheifen. Liegen diefe mit oder ohne Zwifchenraum flach zu einander, fo werden fie ohne weiteres miteinander vernietet, wobei bei Vorhandenfein eines Zwifchenraumes Stehniete erforderlich find (Fig. 481); die Ringe der letzteren können zur Verhütung von Verdrehungen nötigenfalls zu Knotenblechen mit fünf Nieten erweitert werden (Fig. 481 geftrichelt), auf denen fchliefslich unter entfprechender Vermehrung der Niete ein Stofs der Flacheifen erfolgen kann (Fig. 513). 264. Flacheifen.

Fig. 513.

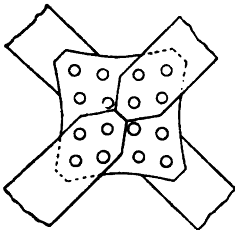


Fig. 514.

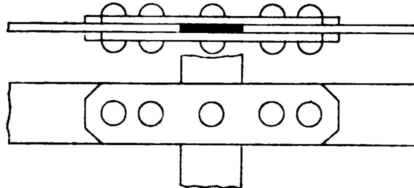


Fig. 515.

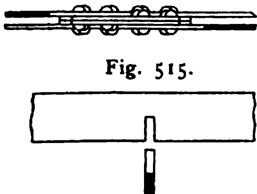
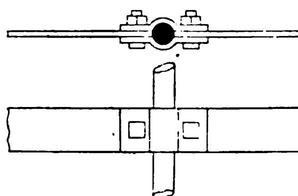


Fig. 516.

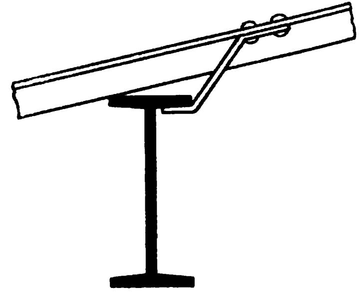


Liegen beide Eifen in derfelben Ebene, fo wird doppelte Verlafchung mindeftens des

einen erforderlich, um das andere durchführen zu können (Fig. 514); auch dabei ift es möglich, die Lafchen zu Kreuzlafchen zu erweitern und mittels diefer einen Stofs in jedes der Bänder zu legen. Ift eines der Bänder doppelt, fo kann das andere durch einen Schlitz zwifchen den zwei Hälften gefteckt werden, nach Art von Fig. 523.

Stehen die Eifen hochkantig zu einander, fo kann man fie mittels Verdrehung nach Fig. 482 aufeinander legen, oder man überfchneidet fie nach Fig 515 miteinander; man fchneidet aus jedem der Eifen die Hälfte aus, fchiebt fie ineinander und kann fie dann fchweifsen oder kalt fo zufammenhämmern, dafs fie fich gegenfeitig aufeinander feftklemmen. Dabei ift felbftverftändlich Vorausfetzung, dafs die Bänder diefe Schwächung vertragen können.

Fig. 517.



Auch die in Fig. 517 nach dem Vorbilde von Fig. 504 dargeftellte Ueberkreuzung eines Rinneneifens mit einer I-Pfette ift fehr gebräuchlich. Dabei find die beiderfeits zu verwendenden, von den Rinnenflanfchen auslaufenden Hafter nicht durch einen unter den Rinnenboden genieteten erfetzt, weil Nietungen im Rinnenboden allgemein unzuläffig find.

265. Rund- und Quadrateifen.

2) Rundeifen und Quadrateifen. Hierher gehörige Verbindungen entftehen aus zweifeitiger Anordnung der Fig. 485, oder das eine Eifen wird mittels doppelter Schellenlafche um das andere herumgeführt, wie dies in Fig. 516 für

Fig. 518.

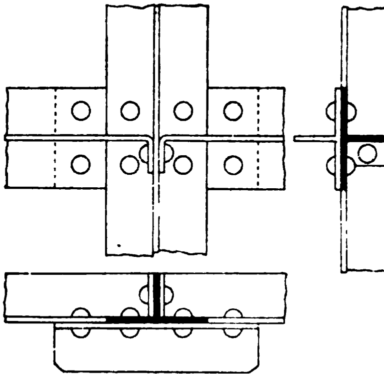


Fig. 519.

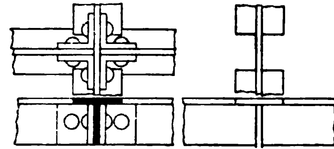


Fig. 520.

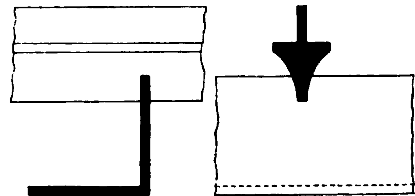


Fig. 521.

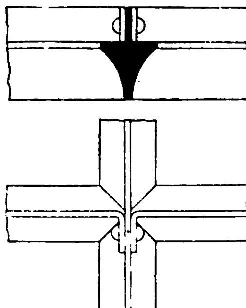
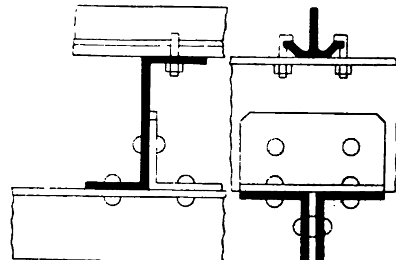


Fig. 522.



Flacheifen und Rundeifen angedeutet ift. Flach liegende Flacheifen werden häufig bei Gitteranordnungen für dünnere Quadrat- und Rundeifen entfprechend gelocht; die Verbindung der durcheinander gefchobenen Teile erfolgt dann durch aufgefchweifste oder mit durchgebohrtem Splinte befeftigte Ringe.

3) T-Eifen. Kreuzverbindungen aus T-Eifen ergeben fich aus der Verdoppelung von Fig. 498 u. 499. Soll in letzterem Falle die volle Steifigkeit des durchfchnittenen T-Eifens hergeftellt werden, fo kann man auf die Rückfeite ftatt des Knotenbleches einen Abfchnitt desfelben Eifens aufnieten (Fig. 518). 266. T-Eifen.

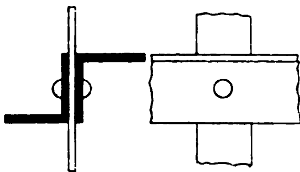
Wird keine grofse Steifigkeit von der Verbindung verlangt, fo kann man die T-Eifen unter Einklinken der Flanfche voll miteinander überfchneiden und die Stege mittels Winkellafchen verbinden (Fig. 519).

4) Sproffeneifen. Bei gewöhnlichen Fenfterfproffen werden auch hier die Flanfche beiderfeits auf Gehrung zufammengefchnitten. Das Vernieten mit angefeilten Stiften ift hier nicht möglich; man biege den Steg um und verniete ihn beiderfeits mit dem durchlaufenden (Fig. 521). Soll der Kittfalz ganz frei fein, fo hämmert man die zufammengefchnittenen Sproffen, fo gut es geht, ineinander. Ueberkreuzt eine Sproffe die Kante eines tragenden Eifens, fo feilt man beide etwas aus und hämmert fie zufammen (Fig. 520). 267. Sproffeneifen.

T-Sproffen mit oder ohne Schweifsrinne werden glatt auf die Pfetten gelagert und, da die Flanfche zum Nieten zu fchmal find, mittels Hakenbolzen befeftigt (Fig. 522); diefe Bolzen werden am Haken vierkantig geformt und in den Rand der Sproffe eingeklinkt, um Verfchiebungen zu verhindern. Die in Fig. 504 dargeftellte Verbindung ift hier gleichfalls am Platze.

5. Winkeleifen. Auch hier find die Verbindungen der T-Eifen (Fig. 518 u. 519) auf die Winkeleifen zu übertragen; doch find Ueberblattungen (wie in Fig. 519) bei ftark beanfpruchten Teilen wegen der grofsen Schwächung zu vermeiden. 268. L-Eifen.

Fig. 523.



Sehr häufig find Verbindungen mehrerer Winkeleifen mit offenem Schlitze mit anderen Teilen, welche fich durch den Schlitz ftecken. Als Beifpiel zeigt Fig. 523 die Verbindung zweier verftellter Winkeleifen mit einem durchgefteckten Flacheifen. In der Durchkreuzung mehrerer folcher Querfchnitte kann dann ein Knotenblech in den Schlitz gefchoben werden, mittels deffen alle zugleich geftofsen und verbunden werden.

Fig. 524.

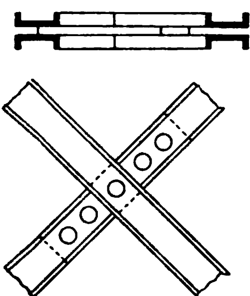
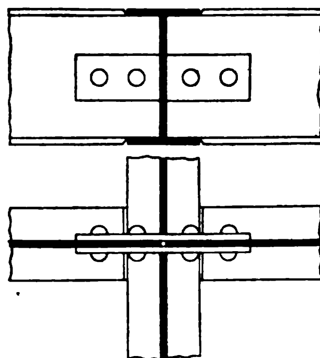


Fig. 525.



6) I- und C-Eifen. Fig. 524 zeigt die Kreuzung zweier Glieder, welche aus flach liegenden, kleinen C-Eifen mit offenem Schlitze beftehen; durch den Schlitz des durchlaufenden ift ein Lafchenblech gefteckt, welches die Enden des durchfchnittenen verbindet. Bei gleich hohen I-Eifen fchneide man auch hier an den Enden des durchfchnittenen Eifens die Flanfche weg, fchiebe die Stege 269. I. u. C. Eifen.

aneinander und verlasche sie dann, und zwar statt mittels Winkellaschen (wie in Fig. 507) mittels durchgesteckter Flachlaschen (Fig. 525).

Da meistens verlangt wird, dass die Enden des durchschnittenen Eisens fest auf den Flanschen des durchlaufenden ruhen, so ist es zweckmässig, zwischen letztere und die eingeschobenen Stegenden nach Anbringen der Laschen kleine Keile aus Blechabfällen einzuschlagen.

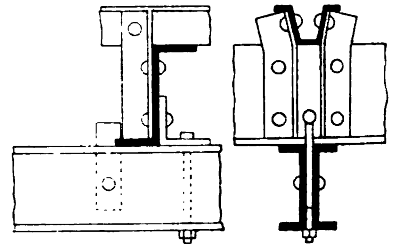
Auch die Verbindung in Fig. 508 mit Hakenbolzen kann hier unter Verdoppelung verwendet werden, wenn man die Bolzen so weit schräg biegt, dass die Muttern nicht mit den Stegen der aufgelagerten Querschnitte in Berührung kommen.

Die Verbindung der durchschnittenen Teile mittels durchgesteckter Laschen nach Fig. 525 kann auch auf Anordnungen nach Fig. 509 zum Ersatze der Winkellaschen ohne weiteres übertragen werden.

270. Rinneneisen.

7) Rinneneisen überkreuzen sich mit Pfetten von **I**- oder **[**-, bezw. **Z**-förmigem Querschnitte. Im ersteren Falle ist die Verbindung mit gebogenen Blechen nach Fig. 510 unter Lochung des Pfettenflansches zu wählen; bei den letzteren Querschnitten ist die bessere Verbindung mittels schwacher, an den Pfettensteg genieteter **L**-Eisen ausführbar (Fig. 526). Auch die die Lochung vermeidende Verbindung mit Klemmhaken von den Flanschen des Rinneneisens aus (Fig. 517) ist hier am Platze.

Fig. 526.

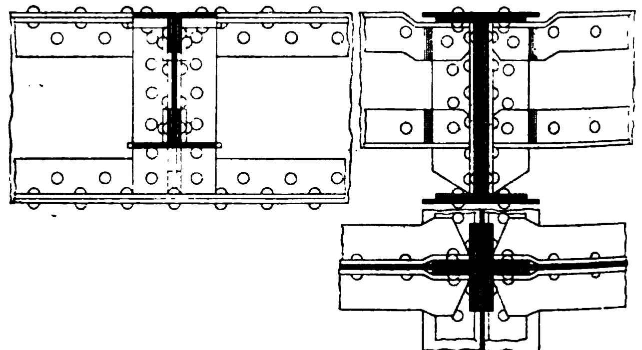


271. Z-Eisen.

8) **Z**-Eisen, welche mit besonderer Vorliebe für durchgehende Gelenkpfetten verwendet werden, überkreuzen sich daher häufig mit den oberen Gurtungen von Dachstühlen, dürfen aber in dieser Ueberkreuzung im Flansch, wegen des hier wirkenden Momentenhöchstwertes, nicht gelocht werden. Das Befestigen auf einer oberen Gurtung aus zwei **[**-Eisen, welche diesen Anforderungen genügt, zeigt Fig. 526, in welcher bei sehr sicherer Verbindung Lochungen nur im Pfettenstege vorhanden sind.

[-förmige Querschnitte werden für Pfetten in ganz gleicher Weise verwendet und befestigt.

Fig. 527.



272. Bleche etc.

9) Bleche werden in +-Verbindungen mittels vier Winkeln in den Ecken verbunden (Verdoppelung von Fig. 496).

10) Von zusammengesetzten Querschnitten ist hier nur eine Kreuzverbindung von zusammengesetzten **I**-Trägern gegeben, bei welcher die Oberkanten aller Teile durch Kröpfungen in eine Ebene gebracht sind (Fig. 527). Als wichtigste Regel für derartige Verbindungen ist zu merken, dass die Anschlusswinkeleisen sich jedenfalls über die ganze Höhe des durchlaufenden Trägers erstrecken müssen;

die Kröpfung diefer Anfchlufswinkel über die Gurtungswinkel des durchlaufenden Trägers ift dadurch vermieden, dafs zwifchen letztere erft (in der Anficht fchraffierte) Füllbleche von gleicher Stärke eingelegt find. Die **L**-Eifen der angefchloffenen Trägerenden werden auf die Anfchlufswinkel heraufgekröpft.

---

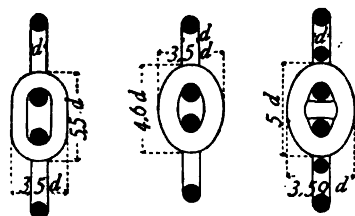
4. Kapitel.

Ketten und Drahtfeile.

a) Ketten.

Die Ketten beftehen aus einzelnen Gliedern, welche aus Rundeifen oder aus Flacheifen (*Gall*'fche Gliederkette) hergeftellt fein können. Im erfteren Falle werden die Glieder offen ineinander gefchoben und dann bei der Ringkette (Fig. 528 bis 530) zugefchweifst, bei der Hakenkette (*Vaucanfon*'fche Kette, Fig. 531) offen gelaffen. Die Glieder der Ringkette können lang (deutfche Kette, Fig. 528) oder kurz (englifche Kette, Fig. 529) ausgebildet fein und werden bei fchweren Ketten durch Einfetzen eines Mittelfteges (Stegkette oder Kettentau, Fig. 530) wefentlich verftärkt. 273. Verfchiedenheit.

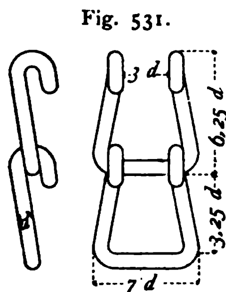
Fig. 528. Fig. 529. Fig. 530.



Als endgültige Konftruktionsteile kommen Ketten im Hochbauwefen faft gar nicht zur Anwendung; fie werden hauptfächlich bei Bauausführungen benutzt und dann faft nur die aus Rundeifen hergeftellten Gliederketten, weshalb auch blofs diefe eine kurze Befprechung erfahren.

Die Tragfähigkeit der Rundeifengliederketten (Fig. 528 u. 529) ift nach angeftellten Verfuchen gleich dem $^{11}/_{9}$-fachen der Tragfähigkeit des einfachen Rundeifens, aus welchem die Kette angefertigt ift. Wird bei 4-facher Sicherheit die zuläffige Anftrengung des befonders guten Ketteneifens auf 1000 kg für 1 qcm angefetzt, fo ergiebt fich der der Laft P entfprechende Eifendurchmeffer d aus: 274. Tragfähigkeit.

Fig. 531.



$$\frac{d^2 \pi}{4} \, 1000 \, \frac{11}{9} = P \quad \text{mit} \quad d = 0{,}032 \sqrt{P} \ \text{Centim.} \qquad 179.$$

Werden die Kettenglieder oder Schaken durch Mittelftege verftärkt (Fig. 530), fo kann die Anftrengung auf das $^{4}/_{3}$-fache gefteigert werden; der Durchmeffer d folgt für diefen Fall aus

$$\frac{d^2 \pi}{4} \, 1000 \, \frac{4}{3} \cdot \frac{11}{9} = P \quad \text{mit} \quad d = 0{,}028 \sqrt{P} \ \text{Centim.} \quad . \quad . \quad . \quad 180.$$

Die einfache Kette z. B. eines Kranes für 15 t Tragkraft mufs alfo aus Eifen von $d = 0{,}028 \sqrt{15000}$ = rund 3,5 cm beftehen, wenn die Glieder Stege haben, und umgekehrt darf man ein Kettentau aus Rundeifen von 2,3 cm Durchmeffer nur mit

$$P = \left(\frac{2{,}3}{0{,}028}\right)^2 = \text{rund } 6740 \text{ kg}$$

belaften.

Ist die Belastung eine völlig ruhende und unveränderliche, so kann die Beanspruchung bis auf das 1,8-fache der obigen Angaben gesteigert werden. Die Gleichungen lauten dann:

$$d = 0{,}024 \sqrt{P} \text{ Centim. für gewöhnliche Ketten und} \quad . \quad . \quad . \quad 181.$$

$$d = 0{,}021 \sqrt{P} \quad \text{» für Stegketten} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 182.$$

Zur Haltbarkeit der Ketten trägt die zweckmäfsige Gestaltung der Windentrommeln sehr erheblich bei; die meisten Kettenbrüche entstehen durch zu schnelle Abnutzung bestimmter Stellen der Kettenglieder auf der Trommel oder dadurch, dafs sich ein beim Einlaufen in die Winde übergeschlagen gebliebenes Glied nachher unter neuer Last ruckweise wieder gerade stellt und unter dem so entstehenden Stofse bricht.

Um diese Uebelstände thunlichst zu vermeiden, sollen die Kettentrommeln der Winden so genutet sein, dafs die Ebenen der einzelnen Kettenglieder bei dem einen rechtwinkelig zur Trommelachse stehen, beim nächsten im Trommelumfange liegen. Die Trommelnuten haben dann die Eisenstärke der Glieder als Breite, und man kann die Kette darauf bei einiger Sorgfalt mehrere Male aufeinander legen. Bei breiten, flachen Trommelnuten kommen alle Kettenglieder unter 45 Grad zur Trommelachse zu stehen, was für die Führung und Erhaltung der Kette erheblich ungünstiger ist.

275. Gewichte. Die Gewichte der Ketten aus Rundeisen betragen, wenn d den Durchmesser (in Centim.) angiebt, für 1 lauf. Meter etwa:

für weite Gliederketten 1,92 d^2 Kilogr.;
» enge Gliederketten ohne Stege 2,33 d^2 Kilogr.;
» Stegketten (Kettentaue) 2,46 d^2 Kilogr., und
» Hakenketten 3,76 d^2 Kilogr.

Die nachfolgende Zusammenstellung zeigt die Abmessungen und die Tragfähigkeit üblicher Formen der engen (englischen) Kette, welche bei Bauarbeiten vorwiegend verwendet wird.

Kurzgliederige Ketten der Duisburger Maschinenbau-Aktiengesellschaft, vormals *Bechem & Keetmann* in Duisburg a. Rh.

Innere Länge (Baulänge) der Kettenglieder = 2 1/2-fache Ketteneisenstärke.

Ketteneisenstärke	Zulässige Belastung	Ungefähres Gewicht auf 1 m	Ketteneisenstärke	Zulässige Belastung	Ungefähres Gewicht auf 1 m
5	250	0,58	20	4 000	8,98
6	360	0,81	22	4 840	10,87
7	490	1,10	24	5 760	12,94
8	640	1,44	26	6 760	15,18
9	810	1,82	28	7 840	17,61
10	1000	2,25	30	9 000	20,22
11	1210	2,72	33	10 890	24,46
12	1440	3,24	36	12 960	29,11
13	1690	3,80	39	15 210	34,16
14	1960	4,41	43	18 490	41,53
15	2250	5,06	46	21 160	47,53
16	2560	5,75	49	24 010	53,82
18	3240	7,28	52	27 040	60,73
Millim.	Kilogramm		Millim.	Kilogramm	

Aeufsere Breite der Kettenglieder = 3 1/2-fache Ketteneisenstärke.

b) Drahtseile.

276. Verschiedenheit. Drahtseile werden als Litzenseile, als flache Bänder aus Litzen und als Kabelseile angefertigt.

Die Litzenseile bestehen der Regel nach aus 7 Litzen, von denen jedoch die innere durch eine Hanfseele gebildet wird. Jede der äufseren 6 Litzen besteht

entweder aus 6 Drähten und dünner Hanffeele oder aus 7 Drähten, fo dafs normale Litzenfeile entweder $6 \times 6 = 36$ oder $6 \times 7 = 42$ Drähte enthalten. Schwache Seile werden wohl ohne Seele aus 4 fechsdrähtigen Litzen zufammengedreht und enthalten dann $6 \times 4 = 24$ Drähte. Der äufsere Durchmeffer d eines aus 36 Drähten beftehenden Seiles beträgt faft genau 8 Drahtdurchmeffer δ, fo dafs $d = 8\,\delta$.

Die Bandfeile können fehr verfchiedene Zahlen von Drähten enthalten; gewöhnlich werden fie aus 6 Strähnen von je 24 Drähten geflochten, enthalten daher in diefem Falle $6 \times 24 = 144$ Drähte.

Die Kabelfeile werden nur zum Teile oder gar nicht aus Litzen gedreht, fondern aus einzelnen Drähten zufammengefetzt. Die Verfchiedenheit der Drahtanzahlen ift alfo hier eine weitgehende.

Aufserdem kommen, namentlich bei Verwendung des fpröden Stahldrahtes, ungedrehte Seile zum Teile mit befonderen Querfchnittsformen der Beftandteile vor, welche jedoch nur für grofse Tragkonftruktionen (Kabelbrücken) Bedeutung haben; für Bauarbeiten werden fie nicht verwendet.

Die Feftigkeit des beften hier verwendeten Holzkohleneifens beträgt 5000 kg für 1 qcm, welche durch das Drehen des Drahtes in fchlanken Windungen nur wenig beeinträchtigt wird. Sollen die Seile alfo 5-fache Sicherheit haben, fo dürfen fie mit 1000 kg für 1 qcm beanfprucht werden. 277. Berechnung.

Bezeichnen δ den Drahtdurchmeffer, n die Anzahl der Drähte, P die zu tragende Laft (in Kilogr.) und s' die zuläffige Beanfpruchung (in Kilogr. für 1 qcm), fo mufs ftattfinden

$$n \frac{\delta^2 \pi}{4} s' = P \quad \text{und} \quad \delta = \sqrt{\frac{4\,P}{n\,\pi\,s'}} \quad \ldots\ldots \quad 183.$$

Bei 1000 kg zuläffiger Beanfpruchung ergiebt fich danach:

für Seile mit 36 Drähten $\delta = 0{,}006 \sqrt{P}$ Centim.,
» » » 42 » $\delta = 0{,}0055 \sqrt{P}$ Centim.

Für ein Seil, welches 2500 kg tragen und aus 42 Drähten beftehen foll, mufs alfo

$$\delta = 0{,}0055 \sqrt{2500} = 0{,}275 \text{ cm}$$

gewählt werden.

Bei Verwendung von Gufsftahl-Drahtfeilen kann die zuläffige Beanfpruchung bei 5-facher Sicherheit auf 2000 kg für 1 qcm gefteigert werden; die obigen Formeln nehmen für diefen Fall die Form an:

für Seile mit 36 Drähten $\delta = 0{,}0043 \sqrt{P}$ Centim.,
» » » 42 » $\delta = 0{,}0039 \sqrt{P}$ Centim.

Für kleinere Laften werden der Regel nach Litzenfeile, für fchwerere Bandfeile oder auch Kabelfeile verwendet, für welche die obige allgemeine Formel $\delta = \sqrt{\frac{4\,P}{n\,\pi\,s'}}$ unter mehr willkürlicher Annahme von n gültig bleibt.

Der Verfchleifs der Drahtfeile ift erheblich und ift bei der Berechnung in Rückficht zu ziehen, da die in neuem Zuftande eben genügend ftarken Seile bald zu fchwach werden; übermäfsig ftarke Seile find andererfeits zu teuer; man darf daher in der Verftärkung nicht zu weit gehen. Die fparfamften Seile find etwa die für den Zuftand der Neuheit mit 10-facher Sicherheit, d. h. mit $s' = 500$ kg auf 1 qcm für Eifendraht und $s' = 1000$ kg auf 1 qcm für Stahldraht berechneten.

Gebräuchliche Abmeffungen von Drahtfeilen aus beftem Schweifseifen giebt die nachfolgende Tabelle.

Drahtfeile aus gehämmertem Holzkohleneifen
von *Felten & Guilleaume* in Köln.

Litzenfeile					Bandfeile						Kabelfeile				
d	*n*	*δ*	*G*	G_1	*b*	*d*	*n*	*δ*	*G*	G_1	*d*	*n*	*δ*	*G*	G_1
7	24	0,9	0,21	1 200	40	8	144	0,9	1,07	3 600	30	114	1,9	3,20	13 000
8	36	0,9	0,32	1 800	55	11	144	1,2	1,60	7 200	33	133	1,9	4,00	15 000
10	42	0,9	0,38	2 100	65	13	120	1,5	2,66	13 000	35	84	2,5	4,00	16 800
11	36	1,2	0,48	2 500	75	16	144	1,5	3,50	16 000	40	114	2,5	5,90	23 000
13	42	1,2	0,58	3 000	90	16	168	1,5	4,10	18 500	43	133	2,5	6,72	26 000
15	36	1,3	0,75	4 200	75	14	120	1,9	3,68	21 000	45	234	1,7	6,90	24 000
16	42	1,5	0,85	5 000	80	17	144	1,9	4,25	25 000	48	152	2,5	7,84	30 000
18	36	1,9	1,07	6 300	100	20	168	1,9	5,10	29 000	50	294	1,9	9,00	34 000
20	42	1,9	1,28	7 400	110	20	196	1,9	5,84	34 000	50	133	3,1	9,30	40 000
22	49	1,9	1,53	8 600	125	20	224	1,9	6,67	39 000	60	234	2,8	11,50	39 000
23	36	2,5	1,70	11 000	135	22	256	1,9	8,00	45 000	60	133	3,5	12,00	50 000
25	42	2,5	2,13	12 600	130	23	168	2,5	7,97	50 000	65	294	2,8	13,90	50 000
25	84	1,9	2,40	14 700	150	23	196	2,5	9,30	58 800	65	152	3,5	13,90	57 000
28	42	2,7	2,40	14 700	170	23	224	2,5	10,70	67 000	72	294	2,5	16,00	58 000
30	36	3,1	2,55	16 200	175	28	256	2,5	14,50	77 000	75	294	2,7	17,60	68 000
Millim.		Millim.	Kilogr.		Millim.			Millim.	Kilogr.		Millim.		Millim.	Kilogr.	

d = Durchmesser } des Seiles.
bezw.
d = Dicke,
b = Breite

δ = Durchmesser der Drähte,
n = Zahl der Drähte,
G = Gewicht für 1 lauf. Meter,
G_1 = Bruchbelastung.

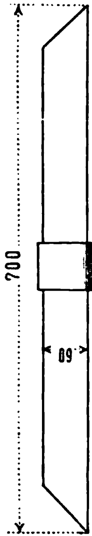
5. Kapitel.

Anker.

278. Verfchiedenheit. Anker kommen im Hochbau als Steinanker, als Balkenanker, als Anker zur Uebertragung von Zugfpannungen in gröfseren Holzgefpärren (Dachverbänden), als Anker zur Aufhebung der Schübe von Wölbungen und als Fundamentanker vor, um namentlich Eifenteile mit gemauerten Fundamenten in fefte Verbindung zu bringen. Von den Steinankern war bereits in Abfchn. 1 (Art. 105, S. 87) die Rede, fo dafs diefe hier nicht weiter in Betracht kommen.

279. Balkenanker. Balkenanker bringen die Balkenköpfe einer Balkenlage mit den die Balken tragenden Aufsenwänden in Verbindung. Sie haben nur den Zweck, zufällige Verdrückungen und Ausbauchungen mittels der Zugfeftigkeit der durchlaufenden Balken zu verhindern, werden alfo nicht durch genau anzugebende Kräfte beanfprucht und können daher nicht berechnet werden.

Sie beftehen meift aus Flacheifen, feltener aus Rundeifen, werden an dem einen Ende an der Seitenflanke oder Unterfläche der Balken mit angefchmiedeter Spitze, übergefchlagenem Krampen oder durchgezogenem Schraubenbolzen und Druckplättchen befeftigt und tragen am anderen Ende ein Auge, durch welches ein aufsen vorfpringender oder in das Mauerwerk eingelaffener Splint (Fig. 532) gefteckt wird. Der Splint ift der die Mauer haltende Teil, foll daher eine gröfsere Zahl von Mauerfchichten faffen, mufs alfo lotrecht geftellt und mindeftens 40 cm lang fein. Er hat als Träger unter dem gleichmäfsigen Drucke des Mauerwerkes als Laft



und dem Zuge des Ankerauges als Auflager zu wirken, erhält daher einen hochkantig zur Mauer ſtehenden, rechteckigen Querſchnitt. Beiſpiele ſolcher Anker geben Fig. 532 bis 535.

Die bei Verankerung ganzer Balkenlagen in Reihen auftretenden Ankerſplinte können zur Herſtellung von Namen oder Jahreszahlen benutzt werden, indem man jedem Splinte die Form eines Buchſtabens (Fig. 536 u. 545) oder einer Ziffer (Fig 539 u. 543) giebt; indes haben die Splinte auch anderweitige Durchbildungen erfahren (Fig. 537, 538, 540, 541, 542 u. 544).

Fig. 532.

Beſtehen die Anker aus Rundeiſen, ſo erſetzt man die Splinte gern durch Muttern mit groſsen guſseiſernen Druckplatten (Fig. 535).

Zuganker in Holzkonſtruktionen bilden den Erſatz für Zug übertragende Hölzer, wie Zangen und Hängeſäulen, oder bilden die eine Schar (Pfoſten oder Diagonalen) in hölzernen Fachwerkträgern (vergl. den vorhergehenden Abſchnitt, Art. 163, S. 120). 280. Anker in Holzkonſtruktionen.

Sie beſtehen faſt ausnahmslos aus Rundeiſen und werden an den Enden mittels Mutter und Gewinde oder mittels runden Auges und durchgeſteckten Bolzens an den Holzteilen befeſtigt. Bei dieſen Befeſtigungen iſt beſonders darauf Bedacht zu nehmen, daſs für die Uebertragung der Kräfte auf die Holzteile hinreichend groſse Druckflächen entſtehen; die Muttern erhalten zu dieſem Zwecke entſprechende groſse und ſtarke Unterlegſcheiben, die durchgeſteckten Bolzen im Holze Druckplättchen (Fig. 535).

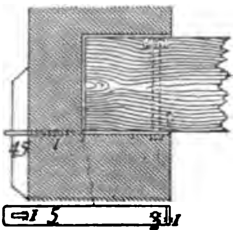


Fig. 533.

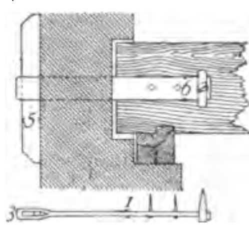


Fig. 534.

Man fügt derartige Anker meiſt zu dem Zwecke in die Holzkonſtruktionen ein, um dieſe in Spannung bringen zu können, bevor ſie ihre volle Belaſtung erhalten. Erfolgt die Befeſtigung mittels Gewinde und Muttern an den Enden, ſo iſt dies durch ſcharfes Anziehen der Muttern ohne weiteres möglich. Iſt die Befeſtigung aber mittels durchgeſteckter Bolzen erfolgt, ſo ſchneidet man den Anker mitten durch und verbindet die Enden mittels eines Spannſchloſſes (ſiehe Fig. 462, S. 180) oder mittels doppelter Verlaſchung angeſchweiſster Augen nach Fig. 443 oder 444 (S. 168, bezw. 169), indem man ſtatt des Bolzens einen Doppelkeil einſetzt und das Auge, ſeiner Länge entſprechend, verlängert. Da ſelbſt ſcharf geſpannte wagrechte Anker bei groſser Länge erheblich durchhängen, ſo hängt man ſie mittels ſtarker Drähte oder ſchwacher Rundeiſen an den übrigen Konſtruktionsteilen auf.

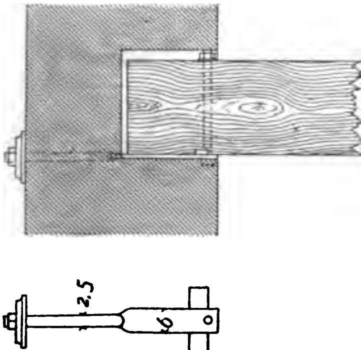


Fig. 535.

BALKENANKER.

Fig. 536.



Fig. 537.

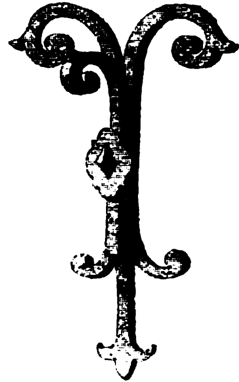


Fig. 538.

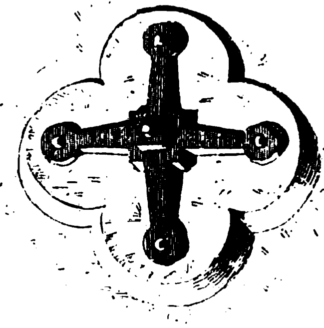


Fig. 539.



Fig. 540.

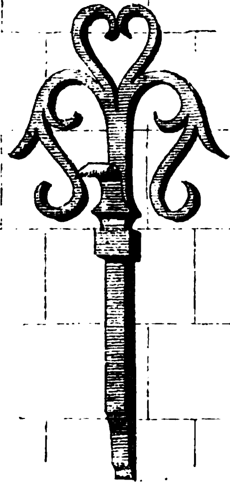


Fig. 541.

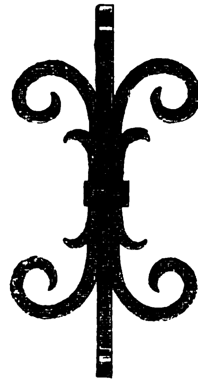


Fig. 542.



Fig. 543.

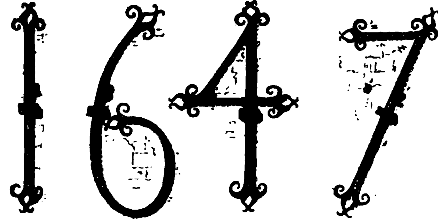
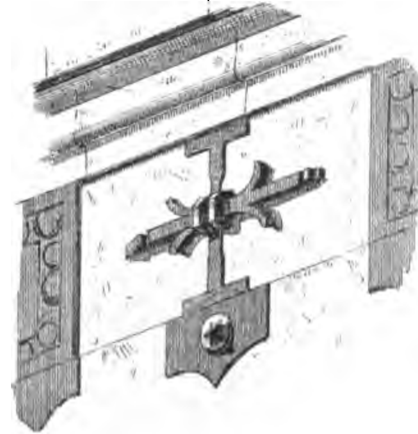


Fig. 544.



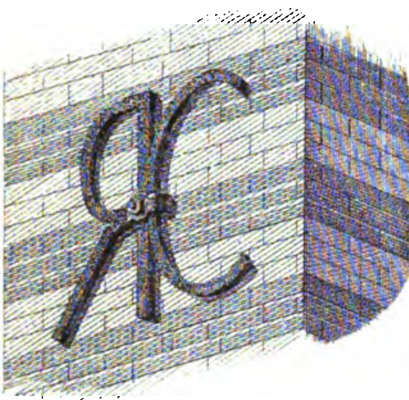
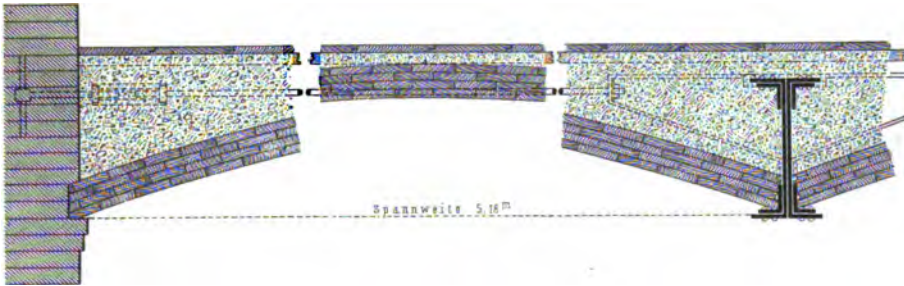


Fig. 545.

Anker für Wölbkonstruktionen haben den Zweck, den Schub der Wölbungen aufzuheben, wenn nicht hinreichend starke Widerlager vorhanden sind. Wird der Schub von einzelnen schmalen Bogen erzeugt, so ordne man an der Aussenseite jeder Widerlagsmauer in Kämpferhöhe einen durchlaufenden Träger an und verbinde diese beiden Träger in solchen Abständen durch Zuganker, dass zwischen je zweien derselben der durchweg gleichmässig wirkende Gewölbeschub durch die Träger aufgenommen und auf die Anker übertragen werden kann. 281. Gewölbeanker.

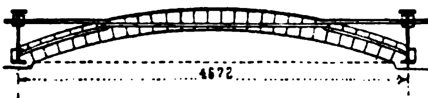
Der Querschnitt solcher Anker ist regelmässig rund, nur selten, wenn der Anker ganz im Mauerwerke liegt oder den Anschluss anderer Teile gestatten soll, flach und an den Enden in den Kreis über-

Fig. 546.



geführt. Von solchen Ankern wird noch in Band III, Heft 3, b (Abt. III, Abschn. 2, B: Gewölbte Decken) dieses »Handbuches« eingehend die Rede sein.

Fig. 547.

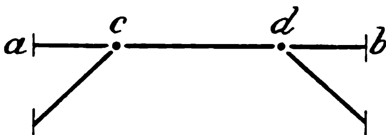


Bezüglich der Verankerung von Gewölben ist besonders hervorzuheben, dass die sehr weit verbreitete Auflösung eines behufs Deckung gegen Feuer über den Gewölbescheitel gelegten Ankers in Enddreiecke, wie sie beispielsweise in Fig. 546 u. 547 dargestellt ist, als statisch verfehlt bezeichnet werden muss, wenn der gerade Mittelteil des Ankers nicht in den Spitzen zweier wenigstens annähernd gleichschenkeliger Dreiecke nach Fig. 548 angreift. Meist ist für diese Enddreiecke nach oben hin kein Platz; deshalb wird die Anordnung nach Fig. 546, 547 u. 549 gestaltet. Dabei sind die beiden schrägen Ankerzweige nutzlos; denn sie können nach den Gleichgewichtsgesetzen an der Kraftaufnahme nicht teilnehmen. Ein einfacher geradlinig zwischen *a* und *b* geführter Anker leistet dieselben Dienste. Um die schrägen Zweige zur Wirkung zu bringen, müsste man sie durch künstliche Anspannung in Spannung versetzen. Dann

Fig. 548.



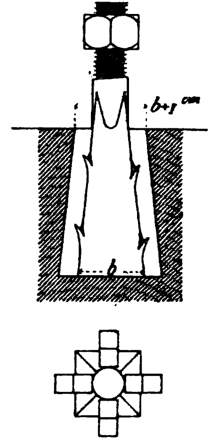
Fig. 549.



würden aber die lotrechten Seitenkräfte ihrer Spannkräfte bei *d* und *c* als Laften auf die Wölbung übertragen, was in den meiften Fällen wohl recht unwillkommen fein wird.

Die aus Bandeifen gebogenen Ankerftücke der Verankerung in Fig. 546 entfprechen mit dem Anfchlufspunkte des wagrechten Ankerteiles und den beiden Verbindungspunkten mit dem Kämpferträger den Dreiecken der Anordnung in Fig. 548. Da aber der mittlere Teil der Richtung nach nur fehr wenig von der oberen Dreieckfeite abweicht, fo überträgt diefe faft die ganze Ankerkraft, und der Unterteil des Dreieckes beteiligt fich nur fehr wenig an der Aufnahme.

Fig. 550.

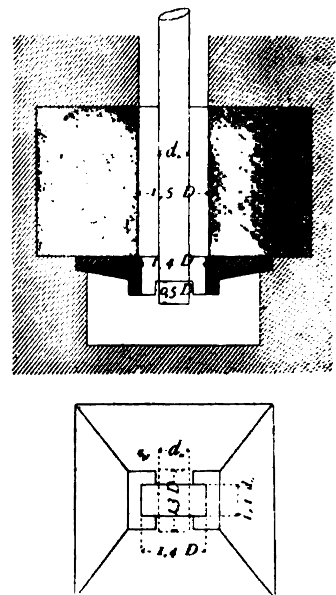


282. Fundamentanker.

Fundament- oder Grundanker dienen meift zur Befeftigung von Metallteilen (z. B. Säulen, anderen Freiftützen, Statuen u. f. w.) auf gemauerten Unterftützungen und haben entweder nur zufällige Verfchiebungen zu verhindern oder aber die befeftigten Teile vor dem Umfturze unter dem Einfluffe feitlich wirkender Kräfte, namentlich des Widerdruckes, zu bewahren.

1) Sollen nur zufällige Verfchiebungen verhütet werden, fo genügt die Steinfchraube (Fig. 550), welche in Durchmeffern von 2 bis 4 cm ausgeführt wird. Der Schaft trägt unten eine Pyramide — feltener einen Kegel — mit einem Anlaufe der Seiten von 1 : 15 bis 1 : 10, deren Kanten zweckmäfsig durch Meifselfchläge aufgerauht werden. Diefes Vierkant wird in dem gleichfalls nach oben verengten Loche bei fchweren und Erfchütterungen ausgefetzten Konftruktionen durch eiferne Zulagen (Fig. 550) feftgeftellt und vergoffen; bei ruhiger Belaftung fehlen die Zulagen. Zum Vergiefsen wird Blei verwendet, das im kalten Loche aber meift nicht ausläuft und dann auch durch Verftemmen nicht zu dichtem Schluffe zu bringen ift; man zieht daher jetzt meift guten Zement für diefen Zweck vor. Für kleine fpannungslofe Steinfchrauben wird auch gefchmolzener Schwefel zum Vergiefsen verwendet. Die Tiefe des Eingriffes beträgt für die kleinften Bolzen etwa 6 cm, fteigt für die ftärkften nicht über 40 cm.

Fig. 551.



2) Haben die Anker Laften zu tragen, wie dies z. B. bei Verankerungen gegen Winddruck immer der Fall ift, fo müffen fie eine ihrer Laft entfprechende Menge Mauerwerk faffen, daher ihr Auflager mittels Splint oder Mutter auf einer Druckplatte finden, welche behufs Faffens grofser Mauermaffen durch mehrere Anker in einen Träger übergehen kann. Da diefe im Mauerwerke fteckenden Platten fchwer zugänglich find, fo bringt man am oberen Ankerende ein Spannfchlofs an. Häufig kann man die in kleine Nifchen eingemauerten Druckplatten überhaupt nicht zugänglich erhalten; man giebt dem Anker dann einen reckteckigen Kopf, welcher zu tief durchgefteckt, um 90 Grad gedreht und wieder angezogen den Anker in der entfprechend geformten Druckplatte unabänderlich feftlegt (Fig. 551). Die Druckplatte erhält einen Auflagerquader.

Fig. 552.

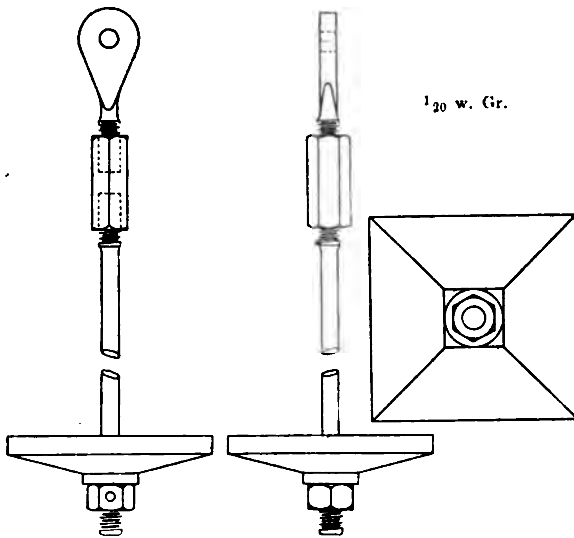


Fig. 553.

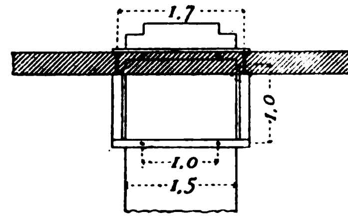
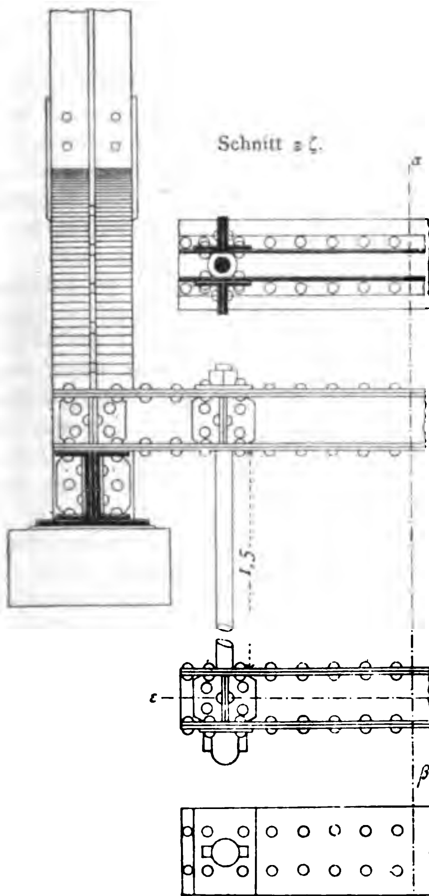


Fig. 554.

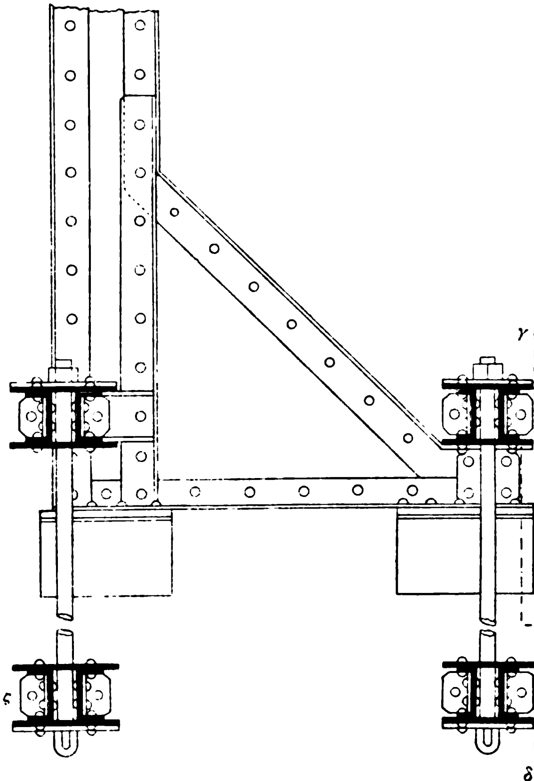


Fig. 555.

Schnitt γ δ.



Schnitt α β.



Verankerung der Stiele
in den Eifenfachwerkwänden der Halteftelle
Bellevue auf der Stadtbahn in Berlin.

1/20 w. Gr.

Die Grundplatten werden quadratifch oder kreisrund aus Gufseifen hergeftellt; fie müffen eine fo grofse Fläche F erhalten, dafs fie den Ankerzug P[102]) mit Sicherheit auf eine hinreichend grofse Fläche übertragen. Ift die im Anker wirkfame Zugkraft P Kilogr., fo ift

für gewöhnliches Backfteinmauerwerk . $F = \frac{P}{7}$ Quadr.-Centim.

» Klinkermauerwerk in Zementmörtel . $F = \frac{P}{12}$ » »

» lofe Quader . . . . $F = \frac{P}{20}$ » » . . . . 184.

» fehr fefte Quader . . . . $F = \frac{P}{45}$ » »

Die Dicke δ gufseiferner Ankerplatten berechnet fich zu

$\delta = 0{,}05 \sqrt{P}$ Centim. für kreisrunde Platten und

$\delta = 0{,}055 \sqrt{P}$ » » quadratifche Platten. . . . . 185.

Geht die Ankerplatte für eine ganze Reihe von zu verankernden Freiftützen u. f. w. in einen Träger über, fo mufs letzterer genügende Steifigkeit befitzen, um unter dem Zuge zweier Anker zwifchen diefen nicht überlaftet zu werden. Der Ankerträger bildet einen Träger, deffen Belaftung vom Gegendrucke des Mauerwerkes und deffen Stützen von den Ankerangriffen gebildet werden.

Einzelheiten ausgeführter Ankerkonftruktionen find aus Fig. 552 bis 555 zu entnehmen.

Fig. 552 zeigt die Anker, welche im Bahnhofe Friedrichftrafse der Stadtbahn in Berlin die Füfse der Hallenbogen mit den Pfeilern der Viadukte verbinden, auf denen die Gleife ruhen. Die Anker liegen fchräg geneigt in den Pfeilern, die Druckplatten fo nahe an der Viaduktftirn, dafs man fie leicht erreichen kann. Die Anker haben hier zugleich den Schub der Bogen, fowie die wagrechten Windangriffe aufzunehmen. Die Mitten ihrer Bolzenaugen liegen in der Drehachfe der Gelenke, auf denen die Bogenfüfse ftehen. Die Anker ftecken in Drainrohren, welche behufs Erleichterung nachträglichen Einbringens der Anker bei der Aufführung der Pfeiler, auf eine ftarke Holzftange gereiht, mit eingemauert wurden.

Fig. 553 bis 555 zeigen die Verankerung der Stiele in den Eifenfachwerkwänden der Halteftelle Bellevue auf der Stadtbahn in Berlin. Diefe find fo berechnet, dafs fie den Winddruck auf die Aufsenwand einerfeits, den geringeren Winddruck auf das Hallendach von der anderen Seite tragen können. Die als Hebel für die Ankerzüge an die Stielfüfse angefchloffenen Auskragungen haben wegen diefer wechfelnden Windbeanfpruchung an jedem Ende einen Anker und einen Druckquader. Auch diefe Halle fteht auf fteinernen Viadukten; jedoch wurden, wegen architektonifcher Anforderungen, die beiden über einem $1{,}50^{m}$ dicken Viaduktpfeiler ftehenden Wandftiele (Fig. 553) $1{,}70^{m}$ auseinander gerückt, und fomit war unmittelbare lotrechte Verankerung unmöglich, da die Anker in diefer Lage kein Mauerwerk mehr gefafst hätten. Daher wurden zwifchen die Stielfüfse und über die Enden der Auskragungen die in Fig. 555 dargeftellten Ankerträger gelegt, welche die Muttern der $1{,}00^{m}$ voneinander abftehenden Anker tragen. Die Druckplatten wurden gleichfalls als folche Träger ausgebildet, welche die Pfeilerftärke nicht ganz durchfetzen, alfo nicht fichtbar find, und die obere Gurtung diefer bietet die erforderliche Druckfläche. Unten erfolgt die Befeftigung durch Splinte nach Fig. 554; Nachfpannen ift alfo nur mit Hilfe der oberen Muttern möglich. Um diefe zugänglich zu erhalten, find die Kragftücke der beiden Wandftiele nebft den oberen Ankerträgern mit einer Schachtmauerung umgeben, welche, mit einer Gufsplatte abgedeckt, von Arbeitern beftiegen werden kann. Die unteren Ankerträger liegen fo tief im Pfeiler, dafs der lichte lotrechte Abftand zwifchen den Ankerträgern $1{,}50^{m}$ beträgt. Diefe Tiefe hängt von der Gröfse der Mauerlaft ab, welche an den Ankern hängen mufs, um das Angriffsmoment des Winddruckes aufzuheben.

102) Ueber die Ermittelung des Ankerzuges, foweit er bei zu verankernden Freiftützen in Frage kommt, giebt das folgende Kapitel (unter d, 2) die erforderlichen Anhaltspunkte.

6. Kapitel.

Freiftützen.

a) Beanfpruchung und Berechnung.

Freiftützen in Eifen werden, da fie in der Regel vorwiegend Druckfpannungen ausgefetzt find, fowohl in Gufseifen, als auch in Schweifseifen ausgeführt.

1) Der Längsdruck erfolgt in der Schwerachfe.

Unter allen Umftänden mufs beim Querfchnitte F und der zuläffigen Beanfpruchung s die zuläffige Stützenlaft P der Gleichung genügen: 283. Längsdruck in der Schwerachfe wirkfam.

$$P \gtreqless F s \text{ [103]} \qquad 186.$$

Aufserdem kommt die Gefahr des Zerknickens in Frage; mit Rückficht darauf ift die zuläffige Laft

$$P \gtreqless \frac{C E \mathfrak{J}_{kl}}{m\, l^2} \text{ [104]} \qquad 187.$$

Darin bezeichnet C die fog. Einfpannungsziffer, welche die folgenden Werte hat.

Fall I: die Stütze ift an einem Ende eingefpannt, am anderen völlig frei; alsdann ift $C = \frac{\pi^2}{4} = \backsim 2{,}5$.

Fall II: die Stütze ift an beiden Enden frei verdrehbar, aber in der Richtung ihrer Achfe geführt; $C = \pi^2 = \backsim 10$.

Fall III: die Stütze ift an einem Ende feft eingefpannt, am anderen frei verdrehbar, aber in der Richtung ihrer Achfe geführt; $C = 2\pi^2 = \backsim 20$.

Fall IV: die Stütze ift an beiden Enden feft eingefpannt; $C = 4\pi^2 = \backsim 40$.

Hierzu ift zu bemerken, dafs man das volle Auffetzen des Endquerfchnittes einer ftarken Stütze mit breitem Fufse auf die Unterftützung in der Regel als Einfpannung anfehen kann; übrigens tritt faft nie einer der vier Fälle ganz fcharf ein, und es mufs dem richtigen Ermeffen des Entwerfenden überlaffen bleiben, zu entfcheiden, welcher der Fälle vorliegt oder wie etwa zwifchen den Fällen zu mitteln ift.

E ift die Elaftizitätsziffer, für die man folgende Werte einzufetzen hat:

für Holz . . 100 000 bis 120 000 kg für 1 qcm,
für Gufseifen . . . . 1 000 000 kg für 1 qcm,
für Schweifseifen . . . 2 000 000 kg für 1 qcm,
für Stahl . . . . . . 2 200 000 kg für 1 qcm.

$\mathfrak{J}_{kl}$ ift das kleinfte Trägheitsmoment des Stützenquerfchnittes, welches für einfache Querfchnittsformen zweckmäfsig $= c F h^2$ gefetzt wird. Hierin bedeutet c eine dem Querfchnitte eigentümliche Wertziffer, die fog. Steifigkeitsziffer, welche für einfache Querfchnittsformen allgemein nach

$$c = \frac{\mathfrak{J}_{kl}}{F h^2} \qquad 188.$$

feftgelegt werden kann, und h die für das kleinfte Trägheitsmoment hauptfächlich

[103]) Siehe Gleichung 127 (S. 302) in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte diefes »Handbuches« (2. Aufl.: Gleichung 118, S. 104; 3. Aufl.: Gleichung 143, S. 130).

[104]) Siehe Gleichungen 128 u. 130 (S. 302 u. 303) ebendaf. (2. Aufl.: Gleichungen 117 u. 124, S. 104 u. 106; 3. Aufl: Gleichung 142, S. 130).

Nr.	Querſchnittsform		Genau für	Schwerpunkts-lage e	$c = \frac{\mathfrak{J}}{F h^2}$	Bemerkungen
1	Voller Kreis, Durchmeſſer h		alle h	—	0,0625	nur bei Holzſtützen.
2	Volles Quadrat, Seite h		alle h	—	0,0833	nur bei Holzſtützen.
3			alle h	—	0,0833	nur bei Holzſtützen; $\mathfrak{J}_{kl} = 0{,}0833\ \nu h \,.\, h \,.\, h^2 = 0{,}0833\ \nu h^4$.
4			$\delta : h = 0$	—	0,125	nur bei Gußeiſen; $\mathfrak{J}_{kl} = 0{,}125 \,.\, \pi h \delta \,.\, h^2 = 0{,}125\ \pi \delta h^3$.
5			$\delta : h = 0$	—	0,1667	nur bei Gußeiſen; $\mathfrak{J}_{kl} = 0{,}1667 \,.\, 4 \delta h \,.\, h^2 = 0{,}6668\ \delta h^3$.
6*)		I II	alle h, b u. δ $\delta : b = 0$	— —	0,0833 0,250	h maßgebend, $\mathfrak{J}^{I} = 0{,}0833 \,.\, 2 \delta h h^2$ b maßgebend, $\mathfrak{J}^{II} = 0{,}25 \,.\, 2 \delta h b^2$ $\mathfrak{J}^{I}$ wird $= \mathfrak{J}^{II}$ für $b = 0{,}577\ h$ (beſte Form).
7		I gr kl für eine Schenkel-außenkante	$\delta = 0{,}1\ h$	$e = 0{,}287\ h$	0,0946 0,15 0,0381 0,177	
8			$\delta = 0{,}1\ h$	$e = 0{,}287\ h$	0,0946	Querſchnitt eines L-Eiſens f; $\mathfrak{J}_{kl} = 0{,}0946 \,.\, 2 f h^2$.

9	$\delta_1 = 0{,}13\ h$	*kl*	$\delta = 0{,}1\ h$	—	0,151	Querschnitt mit $2f$ einzuführen; $\mathfrak{J} = c \cdot 2fh^2$.
		II		—	0,218	
		gr		—	0,287	
	$\delta_1 = 0{,}2\ h$	*kl*		—	0,151	
		II		—	0,2443	
		gr		—	0,3370	
	$\delta_1 = k_1\ h$	*II*		—	$0{,}177 + \frac{k_1}{4}(1{,}15 + k_1)$	
10	$\delta_1 = 0$		$\delta = 0{,}1\ h$	—	0,177	Querschnitt mit $4f$ einzuführen.
	$\delta_1 = 0{,}13\ h$			—	0,218	
	$\delta_1 = 0{,}2\ h$			—	0,2443	
	$\delta_1 = k_1\ h$			—	$0{,}177 + \frac{k_1}{4}(1{,}15 + k_1)$	
11		*I*	$\delta = 0{,}15\ h$	$e_1 = 0{,}506\ h$	0,231	
		II		$e_2 = 0{,}256\ h$	0,0807	
12		*I*	$\delta = 0{,}15\ h$	$e_1 = 0{,}506\ h$	0,231	Querschnitt mit $2f$ einzuführen. Soll $\mathfrak{J}I = \mathfrak{J}II$ werden, so hat man $\delta_1 = k_1 h$ für $k_1 = 0{,}262$ gleich $\delta_1 = 0{,}262\ h$ zu machen.
	$\delta_1 = 0{,}3\ h$	*II*		—	0,2455	
	$\delta_1 = k_1\ h$	*II*			$0{,}1462 + \frac{k_1}{4}(1{,}025 + k_1)$	

*) Gültig für Querschnitte nach Fig. 561 u. 562 (S. 216) in Gußeisen.

Nr.	Querschnittsform		Genau für	Schwerpunktslage e	$c = \frac{\mathfrak{J}}{F h^2}$	Bemerkungen
13		*I*	$\delta = 0{,}17\, h$	$e_1 = 0{,}7317\, h$	$0{,}41$	
		II		$e_2 = 0{,}232\, h$	$0{,}0702$	
14		*I*	$\delta = 0{,}17\, h$	$e_1 = 0{,}7317\, h$	$0{,}41$	Querſchnitt mit $2f$ einzuführen. Soll $\mathfrak{J}^{I} = \mathfrak{J}^{II}$ werden, ſo hat man $\delta_1 = k_1 h$ mit $k_1 = 0{,}702$ zu machen.
	$\delta_1 = 0{,}34\, h$	*II*		—	$0{,}2318$	
	$\delta_1 = k_1 h$	*II*		—	$0{,}124 + \frac{k_1}{4}(0{,}928 + k_1)$	Querſchnitt mit $2f$ einzuführen.
15		*I*	$\delta = 0{,}165\, h$	$e_1 = 0{,}222\, h$	$0{,}071$	
		II		—	$0{,}241$	
16		*I*	$\delta = 0{,}11\, h$	$e_1 = 0{,}29\, h$	$0{,}094$	
		II		—	$0{,}0445$	
17		*I*	$\delta = 0{,}165\, h$	—	$0{,}241$	Querſchnitt mit $2f$ einzuführen. Soll $\mathfrak{J}^{I} = \mathfrak{J}^{II}$ werden, ſo hat man $\delta_1 = k_1 h$ mit $k_1 = 0{,}38$ zu machen.
	$\delta_1 = 0{,}3\, h$	*II*		—	$0{,}2095$	
	$\delta_1 = k_1 h$	*II*		—	$0{,}1781 + \frac{k_1}{4}(1{,}16 + k_1)$	Querſchnitt mit $2f$ einzuführen.

18	$\delta_1 = 0{,}2\,h$	I II	$\delta = 0{,}11\,h$	— —	0,0445 0,246	Querfchnitt mit $2f$ einzuführen.
19		I II	Mittel der [-Eifen	— $e = 0{,}31\,b$	0,151 0,0955	h mafsgebend; $\mathfrak{J}^{I} = 0{,}151\,Fh^2$. b mafsgebend; $\mathfrak{J}^{II} = 0{,}0955\,Fb^2$.
20	$\delta_1 = 0{,}25\,b$ $\delta_1 = k_1\,b$	I II II	Mittel der [-Eifen	— — —	0,151 0,285 $0{,}1916 + \frac{k_1}{4}(1{,}24 + k_1)$	h mafsgebend b mafsgebend } Soll $\mathfrak{J}^{I} = \mathfrak{J}^{II}$ werden, fo hat man $\delta_1 = k_1\,b$ für $k_1 = 0{,}62\left[\sqrt{1{,}58\left(\frac{h}{b}\right)^2 - 1} - 1\right]$ zu machen. Querfchnitt mit $2f$ einzuführen.
21		I II	Mittel der [-Eifen	— —	0,151 $0{,}1916 + \frac{k}{4}(k - 1{,}24)$	h mafsgebend b mafsgebend } Soll $\mathfrak{J}^{I} = \mathfrak{J}^{II}$ werden, fo hat man k in kb $k = 0{,}62\left[1 + \sqrt{1{,}58\left(\frac{h}{b}\right)^2 - 1}\right]$ zu machen. Querfchnitt mit $2f$ einzuführen.
22		I II	Mittel der I-Eifen Nr. 12 bis 50	— —	0,159 0,0494	h mafsgebend; $\mathfrak{J}^{I} = 0{,}159\,fh^2$. b mafsgebend; $\mathfrak{J}^{II} = 0{,}0494\,fb^2$.

Nr.	Querschnittsform	Genau für	Schwerpunktslage e	$c = \frac{\mathfrak{J}}{F h^2}$	Bemerkungen
23	I II	Mittel der I-Eifen Nr. 12 bis 50	— —	$0,_{159}$ $\left(\frac{k}{2}\right)^2 + 0,_{0494}$	h mafsgebend, b mafsgebend: Soll $\mathfrak{J}^I = \mathfrak{J}^{II}$ werden, fo hat man k in kb $k = \sqrt{0,_{636}\left(\frac{h}{b}\right)^2 - 0,_{1976}}$ zu machen. Querfchnitt mit $2f$ einzuführen.
24		$\delta = 0,_{0833}\, h$ $\delta = 0,_{1}\, h$ $\delta = 0,_{125}\, h$	— — —	$0,_{0437}$ $0,_{0443}$ $0,_{0450}$	
25		$\delta : h = 0$	—	$0,_{15}$	Nur für Gufseifen.
26	$I \begin{cases} \delta_1 = k_1 h \\ k_1 = 0,_{3} \end{cases}$ II	$\delta = 0,_{15}\, h$	— — —	$0,_{487} + \frac{k_1}{4}(2,_{024} + k_1)$ $0,_{6613}$ $0,_{1462} + \frac{k}{4}(k - 1,_{024})$	Soll $\mathfrak{J}^I = \mathfrak{J}^{II}$ werden, fo hat man $k = 0,_{512} + \sqrt{(k_1 + 1,_{012})^2 + 0,_{6012}}$ oder $k_1 = \sqrt{(k - 0,_{512})^2 - 0,_{6012}} - 1,_{012}$ zu machen. Für $k_1 = 0,_{3}$ nach Nr. 12 wird dann $k = 2,_{039}$. Querfchnitt mit $4f$ einzuführen.

27	(Figure: cross-section with labels I, II, 2h, $k_1 h$, h, kh)	$I \begin{cases} k_1 \\ k_1 = 0{,}34 \end{cases}$ II	$\delta = 0{,}17\ h$	— — —	$0{,}9454 + \frac{k_1}{4}(2{,}927 + k_1)$ $1{,}2231$ $0{,}124 + \frac{k}{4}(k - 0{,}928)$	Soll $\mathfrak{J}^I = \mathfrak{J}^{II}$ werden, fo hat man $k = 0{,}464 + \sqrt{(k_1 + 1{,}4634)^2 + 1{,}3594}$ oder $k_1 = \sqrt{(k - 0{,}464)^2 - 1{,}3594} - 1{,}4634$ zu machen. Für $k_1 = 0{,}34$ nach Nr. 14 wird dann $k = 2{,}6115$. Querfchnitt mit $4f$ einzuführen.
28	(Figure: cross-section with labels I, II, h, $k_1 h$, δ, kh)	$I \begin{cases} k_1 \\ k_1 = 0{,}2 \end{cases}$ II	$\delta = 0{,}1\ h$	— — —	$0{,}177 + \frac{k_1}{4}(1{,}148 + k_1)$ $0{,}2444$ $0{,}177 + \frac{k}{4}(k - 1{,}148)$	Soll $\mathfrak{J}^I = \mathfrak{J}^{II}$ werden, fo hat man $k = k_1 + 1{,}148$ zu machen. Für $k_1 = 0{,}2$ nach Nr. 9 u. 10 wird $k = 1{,}348$, was beweift, dafs der Querfchnitt für II meift zu fteif ift. Querfchnitt mit $4f$ einzuführen.
29	(Figure: cross-section with labels I, h, δ, kh)	I	$\delta = 0{,}1\ h$	—	$0{,}177 + \frac{k}{4}(k - 1{,}148)$	Querfchnitt mit $4f$ einzuführen, alfo $\mathfrak{J}^I = c \,.\, 4f \,.\, h^2$.

mafsgebende Querabmeffung des Stützenquerfchnittes F. Wird diefer Wert eingeführt, fo lautet die obige Gleichung für die mit Rückficht auf Zerknicken zuläffige Laft

$$P \overline{\overline{<}} \frac{C E c F h^2}{m l^2}, \qquad F h^2 \overline{\overline{>}} \frac{m P l^2}{C E c} \qquad \ldots \ldots \quad 189.$$

m bedeutet den einzuführenden Sicherheitsgrad, der für Schweifseifen und Stahl 4- bis 6fach, für Gufseifen 7- bis 9fach und für Holz 8- bis 12fach gewählt wird. Die höheren Zahlen gelten für lange beftehende und Erfchütterungen ausgefetzte, die niedrigen für zeitweilige Bauten; l bedeutet die theoretifche Länge der Stütze.

Bei der Berechnung einer Stütze hat man demnach ftets zwei Formeln, diejenige für Druck (Gleichung 186) und diejenige für Zerknicken (Gleichungen 187 oder 189) im Auge zu behalten. Um von vornherein zu entfcheiden, welche der beiden in einem gegebenen Falle mafsgebend ift, kann man diejenige Stützenlänge l_1, bei welcher die Gefahr des Zerknickens derjenigen des Zerdrücktwerdens gerade gleich ift, nach [105])

$$l_1 = \sqrt{\frac{C E \mathfrak{J}_{kl}}{m s F}} \qquad \ldots \ldots \quad 190.$$

oder, wenn $\mathfrak{J}_{min} = c F h^2$ eingeführt wird, nach

$$l_1 = h \sqrt{\frac{C E c}{m s}} \qquad \ldots \ldots \quad 191.$$

ermitteln. Ift die wirkliche Länge $l > l_1$, fo ift die Stütze nach Gleichung 187 oder 189 auf Zerknicken, ift $l < l_1$, fo ift fie nach Gleichung 186 auf Druck zu berechnen.

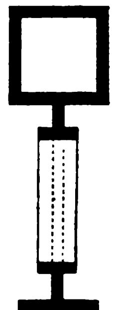
Da fich die Benutzung der Steifigkeitsziffer c insbefondere bei einfachen Querfchnittsformen als fehr bequem erweift, fo find ihre Werte auf S. 206 bis 211 in überfichtlicher Zufammenftellung für einfache Querfchnittsformen angegeben.

Erläuterungen zu diefer Zufammenftellung. Der auf S. 206 bis 211 vorangehenden Feftftellung liegen die deutfchen Normalprofile zu Grunde.

Die Beftimmung der c-Werte ift nicht für alle Querfchnitte genau, weil die Verhältniffe der Abmeffungen bei verfchiedenen Abftufungen eines Querfchnittes nicht unveränderlich find; daher wurde die dritte lotrechte Spalte eingefügt, welche angiebt, für welche Verhältniffe die Ermittelung genau ift. Sollte der Querfchnitt im einzelnen Falle von der Angabe diefer Spalte feinen Verhältniffen nach weit abweichen, fo ift das genaue unmittelbare Nachrechnen des Trägheitsmoments zu empfehlen; in allen Fällen genügen die Angaben zu gut annäherndem Feftftellen des erforderlichen Querfchnittes.

Bei den Querfchnitten 21 und 23 erfcheint die Steifigkeitsziffer c für Achfe II nicht als reiner Zahlenwert; gleichwohl ift die Benutzung der Werte bequem, weil man die Querfchnitte nach den Werten für Achfe I beftimmen und, nachdem fo das zu wählende Eifen feftgelegt ift, nach der Angabe unter »Bemerkungen« beftimmen kann, wie weit man die beiden Eifen voneinander zu entfernen hat, damit die Steifigkeit für Achfe II ebenfo grofs wird. Ueberhaupt find in der Spalte »Bemerkungen« die Verhältniffe feftgelegt, welche die Hauptträgheitsmomente gleich, alfo den Querfchnitt nach allen Seiten gleich fteif machen, wo dies in Frage kommen kann.

Fig. 556.



Für verwickeltere Querfchnitte (z. B. den viel verwendeten in Fig. 556) ift es häufig bequem, diejenige gleichförmig verteilt gedachte Spannung s_z zu ermitteln, welche mit Rückficht auf Zerknicken zuläffig ift. Sollte diefe gröfser als s, d. h. gröfser als die zuläffige Druckfpannung werden, fo ift die Stütze lediglich auf Druck zu berechnen, und ein folcher Fall entfpricht dann dem oben erwähnten $l_1 \overline{\overline{>}} l$ (Gleichung 190 u. 191).

[105]) Siehe Gleichung 131 (S. 303) in Teil I Bd. 1, zweite Hälfte diefes »Handbuches« (2. Aufl.: Gleichung 122, S. 106).

Die zuläffige Zerknickungsfpannung s_z folgt aus

$$s_z = \frac{C E \mathfrak{J}_{kl}}{m l^2 F} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 192.$$

In der Regel wird es für derartige Querfchnitte jedoch am einfachften fein, fie, probeweife vom Druckquerfchnitte ausgehend, fchätzungsweife feftzulegen, ihr kleinftes Trägheitsmoment auszurechnen und dann zu prüfen, ob diefes diejenige Gröfse

$$\mathfrak{J}_{min} \gtreqless \frac{P m l^2}{C E} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 193.$$

erreicht, welche fich aus der Umkehrung der Gleichung 187 ergiebt, wenn man darin für P die wirklich zu tragende Laft einführt.

Ift der Gefamtquerfchnitt für ein zufammengefetztes Glied auch fteif genug gebildet, fo können die einzelnen Teile doch noch jeder für fich zerknicken, wenn fie nicht genügend miteinander verbunden find, weil der n-te Teil eines ganzen Querfchnittes dem n-ten Teile der Laft fehr viel weniger Trägheitsmoment entgegenfetzt, als dem n-ten Teil des ganzen Trägheitsmoments. Die Teile eines zufammengefetzten Querfchnittes müffen daher durch hinreichend oftmalige Verbindung untereinander zu gemeinfamem Widerftande befähigt werden, fo dafs kein Teil unter dem auf ihn kommenden Laftteile allein ausknicken kann.

Soll der n-te Teil des ganzen Querfchnittes mit dem kleinften Trägheitsmoment i fteif gemacht werden, fo mufs die Zahl N der Verbindungen der Querfchnittsteile untereinander, wenn man von den an den Stabenden etwa eingefetzten Verbindungen abfieht, betragen

$$N = \frac{l}{\pi} \sqrt{\frac{m P}{n E i}} \text{ [106]} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 194.$$

worin jedoch N ftets nach oben auf eine ganze Zahl abgerundet werden mufs. Diefe Verbindungen find im $\frac{1}{2N}$ ten, $\frac{3}{2N}$ ten, $\frac{5}{2N}$ ten u. f. w. Teile der Stablänge anzubringen.

2) Der Längsdruck wirkt im Abftande u von der Schwerpunktsachfe.

Bei Freiftützen wird u ftets in der Richtung einer der Trägheitshauptachfen (fiehe Teil I, Band 1, zweite Hälfte diefes »Handbuches«, Art. 314, S. 270 [107]) liegen, fo dafs für die aus der fchiefen (exzentrifchen) Belaftung entftehende Biegung die zu u fenkrechte Nulllinie und eines der Hauptträgheitsmomente $\mathfrak{J}$ in Frage kommen. Es bezeichne noch e den Abftand der äufserften Fafern von der Nulllinie. 284. Längsdruck aufserhalb der Schwerachfe wirkfam.

Man bemeffe den Querfchnitt zunächft für Druck in der Schwerachfe nach obigen Regeln auf Zerknicken für die Länge l; alsdann unterfuche man den Einflufs der biegenden Wirkung des Moments $M = Pu$, indem man die Spannungswerte

$$\sigma = \frac{P}{F} \pm \frac{M e}{\mathfrak{J} - \frac{P l^2}{8 E}} = \frac{P}{F}\left(1 \pm \frac{u e F}{\mathfrak{J} - \frac{P l^2}{8 E}}\right) \quad \ldots \ldots \quad 195.$$

berechnet; darin ift für die entferntefte Fafer auf derjenigen Seite der Nulllinie, auf welcher der Längsdruck P wirkt, neben dem entfprechenden Werte von e das Pluszeichen, für die entferntefte Fafer der abgewendeten Seite der entgegengefetzte

106) Vergl. Gleichung 94 (S. 296) in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte diefes »Handbuches« (2. Aufl.: Gleichung 87, S. 98; 3. Aufl.: Gleichung 120, S. 123).

107) 2. Aufl.: Art. 59, S. 39. — 3. Aufl.: Art. 62, S. 41.

Wert von e und das Minuszeichen zu berückfichtigen. Für die 29 einfachen Querfchnitte der Zufammenftellung auf S. 206 bis 211 kann man auch hier $\mathfrak{J} = c F h^2$ einführen; die Gleichung lautet dann:

$$\sigma = \frac{P}{F}\left(1 \pm \frac{u e}{c h^2 - \frac{P l^2}{8 E F}}\right), \quad \ldots \ldots \ldots \quad 196.$$

worin nun h die in den Abbildungen der 29 Querfchnitte in der Zufammenftellung auf S. 206 bis 211 angegebene Bedeutung hat.

Sollte der Ausdruck in der Klammer für eine der äufserften Fafern negativ, d. h. $u e > c h^2 - \frac{P l^2}{8 E F}$ oder $F u e > \mathfrak{J} - \frac{P l^2}{8 E}$ werden, fo ergäbe fich für σ Zugfpannung; alsdann empfiehlt es fich bei Gufsftützen, den Querfchnitt fo abzuändern, dafs auch in diefer Fafer Druck entfteht; auf der anderen Seite darf σ die zuläffige Druckbeanfpruchung nicht überfchreiten.

3) Die Freiftütze hat aufser der Laft in ihrem Kopfe oder Schafte Momente erzeugende wagrechte Kräfte aufzunehmen.

285. Gebogene gufseiferne Freiftützen. Wenn auch angegeben wurde, dafs man fich beim Auftreten von Momenten aus wagrechten Kräften im allgemeinen am beften dabei fteht, die Stützen aus Schweifseifen zu bilden, fo ift doch die Verwendung von Gufseifen auch in folchen Fällen nicht felten; namentlich finden fich viele Hallenbauten, bei denen die Binder auf den Köpfen von Gufsftützen ruhen, fomit die Windkräfte und die Reibung bei Bewegungen infolge von Wärmefchwankungen als wagrechte Kräfte auf die Stützen übertragen.

Werden die beiden Querfchnittsformen Nr. 4 und 5 der Zufammenftellung auf S. 206 zu Grunde gelegt, ift P die lotrechte Laft, M das gröfste Biegungsmoment für die Stütze, D die Aufsen-, D_1 die Innnenabmeffung des Hohlkörpers, s die zuläffige Druck- und s_g die zuläffige Zugfpannung im Gufseifen, fo ift die Stütze für den Fall, dafs s und s_g beide voll ausgenutzt werden follen, auszubilden nach (fiehe Nr. 4 und 5 der Zufammenftellung auf S. 206):

$$\left.\begin{array}{ll} h = \frac{4 M (s - s_g)}{P (s + s_g)}, \quad \delta = \frac{P^2 (s + s_g)}{2 M \pi (s - s_g)^2} & \text{für den Kreisring Nr. 4} \\ h = \frac{3 M (s - s_g)}{P (s + s_g)}, \quad \delta = \frac{P^2 (s + s_g)}{6 M (s - s_g)^2} & \text{für den quadratifchen Kaften Nr. 5} \end{array}\right\} \quad 197.$$

Nach diefen Gleichungen ergeben fich in vielen Fällen praktifch nicht ausführbare Wandftärken δ. Tritt dies ein, fo nehme man für δ ein für die Ausführung bequemes Mafs an und beftimme dann h als den gröfseren der aus den beiden Gleichungen 198 u. 199 folgenden Werte:

$$\left.\begin{array}{ll} h = \frac{P}{2 \pi \delta s}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{16 \pi M \delta s}{P^2}}\right) & \text{für den Kreisring Nr. 4} \\ h = \frac{P}{8 \delta s}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{48 M \delta s}{P^2}}\right) & \text{für den quadratifchen Kaften Nr. 5} \end{array}\right\} \quad . \quad 198.$$

$$\left.\begin{array}{ll} h = \frac{P}{2 \pi \delta s_g}\left(\sqrt{1 + \frac{16 \pi M \delta s_g}{P^2}} - 1\right) & \text{für den Kreisring Nr. 4} \\ h = \frac{P}{8 \delta s_g}\left(\sqrt{1 + \frac{48 M \delta s_g}{P^2}} - 1\right) & \text{für den quadratifchen Kaften Nr. 5} \end{array}\right\} \quad . \quad 199.$$

Wie die beiden Gleichungen erkennen laffen, wird bei Benutzung von 198 die zuläffige Druckfpannung s, bei Benutzung von 199 die zuläffige Zugfpannung s_g voll ausgenutzt. Der gröfsere der beiden Werte h ift auszuführen.

Schliefslich ift dann

$$D = h + \delta \quad \text{und} \quad D_1 = h - \delta. \quad \ldots \ldots \quad 200.$$

Beifpiel. Für die die Binder eines Hallendaches tragende Säule von Kreisringquerfchnitt fei die Laft, einfchl. des Eigengewichtes, $P = 20000^{kg}$; am Kopfe greift eine wagrechte Kraft $H = 700^{kg}$ an; die Stütze ift bis an die Fufseinfpannung $h_1 = 600^{cm}$ hoch, fo dafs $M = 600 \cdot 700 = 420000^{cmkg}$ zu fetzen ift. Soll die Druckfpannung $s = 700^{kg}$ für 1^{qcm} ebenfo, wie die Zugfpannung $s_g = 250^{kg}$ für 1^{qcm} voll ausgenutzt werden, fo müfste nach Gleichung 197 gemacht werden:

$$h = \frac{4 \cdot 420000\,(700 - 250)}{20000\,(700 + 250)} = 39{,}8^{cm} \quad \text{und} \quad \delta = \frac{20000^2\,(700 + 250)}{2 \cdot \pi \cdot 420000\,(700 - 250)^2} = 0{,}71^{cm}.$$

Diefe Wandftärke ift für die Ausführung zu gering; dafür foll $\delta = 1{,}5^{cm}$ ausgeführt werden. Dann ift nach Gleichung 198

$$h = \frac{20000}{2\,\pi \cdot 1{,}5 \cdot 700}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{16 \cdot \pi \cdot 420000 \cdot 1{,}5 \cdot 700}{20000^2}}\right) = 25{,}8^{cm}$$

und nach Gleichung 199

$$h = \frac{20000}{2\,\pi \cdot 1{,}5 \cdot 250}\left(\sqrt{1 + \frac{16 \cdot \pi \cdot 420000 \cdot 1{,}5 \cdot 250}{20000^2}} - 1\right) = 30{,}4^{cm}.$$

Demnach ift der gemittelte Stützendurchmeffer mit dem gröfseren Werte von rund $h = 30^{cm}$ auszuführen. Dabei wird nach Gleichung 200

$$D = 30 + 1{,}5 = 31{,}5^{cm} \quad \text{und} \quad D_1 = 30 - 1{,}5 = 28{,}5^{cm}.$$

b) Freiftützen in Gufseifen.

286. Anwendung.

Die in Gufseifen ausgeführte Freiftütze hat in vielen Fällen dadurch Unglücksfälle verurfacht, dafs fie bei Feuersbrünften ftark erhitzt, dann, vom kalten Strahle des Spritzenfchlauches getroffen, fprang und plötzlich zufammenbrach. Diefer Mangel hat fchon feit längerer Zeit die gufseiferne Freiftütze, wie den gufseifernen Träger aus den Hochbauten nordamerikanifcher Städte ganz verbannt, wo fie durch Schweifseifen oder weichen Stahl erfetzt ift. In Europa überwiegt die Verwendung des Gufseifens für diefe Konftruktionsteile, wegen der bequemen Formengebung und des meift geringeren Preifes gegenüber demjenigen des Schweifseifens, noch erheblich.

Durch die »Baupolizeiliche Vorfchrift über Stützenkonftruktionen in Hochbauten in Berlin« (vom 4. April 1884[108]) ift die Verwendung gufseiferner Freiftützen unter maffiven Wänden von Gebäuden, welche unten Gefchäfts-, oben Wohnräume enthalten, von der Bedingung abhängig gemacht, dafs diefe Stützen durch fefte Ummantelungen aus Schweifseifen der unmittelbaren Berührung durch Feuer und Waffer entzogen werden; anderenfalls dürfen fie nur aus Schweifseifen oder aus Klinkermauerwerk in Zementmörtel gebildet fein[109]). Als anderweitige Mittel, um das Erhitzen von gufseifernen Freiftützen zu verhindern, find für hohle Querfchnitte Vorkehrungen zu fchneller Füllung mit Waffer oder zur Erzeugung von frifchem Luftzuge von unten her bei Feuersgefahr vorgefchlagen; diefe ftofsen jedoch meift auf Schwierigkeiten und find in ihrem Erfolge nicht erprobt[110]).

Uebrigens haben fich auch Schweifseifenftützen als ftarkem Feuer nicht gewachfen gezeigt. Man fteht heute auf dem Standpunkte, für jede eiferne Stütze, mag fie aus Schweifs- oder Gufseifen beftehen, eine befondere feuerfichere Ummantelung zu fordern, fobald Feuerbeftändigkeit von der Stütze verlangt werden mufs.

[108]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 153. — Deutfche Bauz. 1884, S. 190. — Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1884, S. 174.

[109]) Durch diefe Beftimmung veranlafst, hat neuerdings *Baufchinger* vergleichende Verfuche über die Tragfähigkeit von erft erhitzten, dann kalt angefpritzten Säulen aus Gufseifen und Schmiedeifen angeftellt, nach denen die erfteren den letzteren überlegen fein follen. (Vergl.: BAUSCHINGER, J. Mitteilungen aus dem mechanifch-technifchen Laboratorium an der k. technifchen Hochfchule in München. 1885, Heft 12 — ferner: Wochbl. f. Baukde. 1885, S. 125 u. 149.)

[110]) Siehe auch Teil III, Bd. 6 diefes »Handbuches«, Abt. V, Abfchn. 1, Kap. 1: Sicherungen gegen Feuer.

Weitere Beobachtungen über die Tragfähigkeit der Stützen im Feuer[111]), namentlich auch bei fortgefetzten Verfuchen *Baufchinger's*, ergaben, dafs fchweifseiferne Stützen durch das Erhitzen fchneller ihre Tragfähigkeit verlieren, als richtig, d. h. ohne plötzliche Querfchnittsübergänge, geformte Gufsftützen, und daher als mindeftens fo unficher, wie diefe anzufehen find. Wirkliche Sicherheit erhält man alfo nur durch feuerfefte Ummantelung beider Stoffe, von denen im nächften Bande, Heft 3 (Abt. III, Abfchn. 2, A, Kap. 1) die Rede fein wird (vergl. auch Fig. 568). Ohne diefe find nach den heutigen Erfahrungen aber gut durchgebildete Gufsftützen als widerftandsfähiger gegen Feuer anzufehen, als fchweifseiferne und ftählerne[112]).

Bei fchweren Laften ift auch die häufig durchgeführte Ausnutzung hohler Freiftützen zu Rauchrohren nicht zu empfehlen, da das Erhitzen der Wandungen und das Einführen des Feuerzuges die Tragfähigkeit wefentlich beeinträchtigen. Auch die Benutzung des Inneren hohler Freiftützen zur Ableitung von Waffer foll dann vermieden werden, wenn die Stütze dem Frofte ausgefetzt ift, da gefrorenes Waffer die Wandungen fprengt. Ift diefe Art der Ausnutzung in nicht froftfreier Lage nicht zu umgehen, fo foll man die Wandungen in nicht zu weiter Teilung mit kleinen Bohrlöchern durchbrechen, damit das quellende Eis einigen Ausweg findet, und in das Innere noch befondere Leitungsrohre aus Gufseifen einfetzen.

287. Querfchnitt.

Die Querfchnittsformen gufseiferner Freiftützen find bei völlig freier Stellung der Kreisring (Fig. 557), der quadratifche Kaften (Fig. 558) und das Kreuz (Fig. 559). Stehen die Stützen in der Richtung einer Wand als Einfaffung grofser Oeffnungen, fo verwendet man den Querfchnitt nach Fig. 560 auch wohl mit Kreisring ftatt des quadratifchen Kaftens an der Aufsenfeite, den I- (Fig. 561) oder den C-förmigen Querfchnitt (Fig. 562), bei denen der Steg gewöhnlich durchbrochen ift[113]).

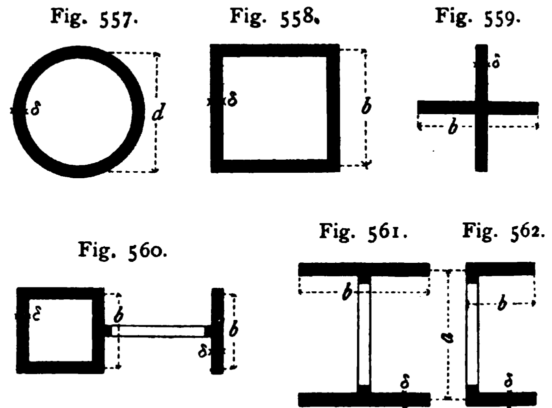


Fig. 557. Fig. 558. Fig. 559. Fig. 560. Fig. 561. Fig. 562.

Bezüglich der Höhenentwickelung der Stützen ift zu beachten, dafs ftarke Ausladungen im Fufse oder Kopfe, welche den Querfchnitt plötzlich, ohne Verftärkung, auf einen gröfseren Umfang bringen, bereits Grund zu Zufammenbrüchen geworden find, indem der fchräge Teil der Ausweitung ringsum abgefchert wurde und der engere Teil fich in den weiteren hineinfchob. Der Stützenquerfchnitt foll daher thunlichft unverändert durchlaufen, weshalb weit ausladende Formen maffiv angegoffen, mit Querrippen ausgefteift, oder beffer in leichter Ausführung in Gufseifen oder Zinkgufs umgelegt werden; die erfte Art der Herftellung bringt Gefahren durch die erheblichen und meift plötzlichen Schwankungen der Wandftärke, insbefondere bei Feuersbrünften; das letzte Verfahren ift das ficherfte.

Glaubt man zur Erzielung von kräftigen Profilierungen die Ausweitung des ganzen Stützenquerfchnittes auch im Inneren nicht entbehren zu können, fo mufs man die nach dem zweiten Verfahren an der Ausweitungsftelle im Inneren anzubringenden Rippen nach oben und unten fchlank verlaufen laffen.

111) Vergl.: MÖLLER & LÜHMANN. Berechnung der Stützen mit Berückfichtigung der Erhitzung. Preisfchrift des Vereines zur Förderung des Gewerbefleifses in Preufsen. Verh. d. Ver. z. Beförd. d. Gwbfl. in Preufsen. 1887, S. 573. (Auch als Sonderabdruck erfchienen.) — Siehe auch Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte, 2. Aufl. (Art. 145, S. 123; 3. Aufl.: Art. 147, S. 138) diefes »Handbuches«.

112) Nach Beobachtungen der Londoner Feuerwehr haben fich auch ftarke eichene Freiftützen in heftigen Feuersbrünften gut gehalten, eine Erfcheinung, die daraus erklärt wird, dafs die in einem durchglühten Raume noch enthaltene Luft zu fauerftoffarm ift, um hartes Eichenholz zu wirklichem Brennen zu bringen. Die Stützen zeigten fich bis auf geringe Tiefe mit einer fchützenden Kohlenfchicht bedeckt, im Inneren aber völlig gefund. Auf derartigen Erfahrungen fufsend, hat man neuerdings die Freiftützen der Speicher im Bremer Freihafengebiete aus Eichenholz hergeftellt.

113) Ueber Ausbildung der nicht centralen Querfchnitte fiehe: Deutfche Bauz. 1881, S. 344; 1882, S. 468.

Hat die Stütze nicht in allen wagrechten Schnitten gleichen Querſchnitt, ſo iſt für die Berechnung auf einfachen Druck der kleinſte, für die Berechnung auf Zerknicken in der Regel der in halber Höhe liegende Querſchnitt maſsgebend.

Die Beanſpruchung guſseiſerner Freiſtützen durch äuſsere Kräfte erfolgt lotrecht und ganz oder nahezu genau im Schwerpunkte. In den Fällen, in denen die äuſseren Kräfte wagrecht, geneigt oder erheblich ſchief wirken, in Fällen alſo, in denen erhebliche Biegungsmomente auftreten, verwendet man zweckmäſsiger Schweiſseiſen. Doch kommen gemäſs Art. 285 (S. 214) auch guſseiſerne gebogene Stützen vor. 288. Berechnung und Ausführung.

Die Herſtellung der guſseiſernen Stützen erfolgt der Einfachheit halber bei groſser Länge in liegender Stellung; dieſe Art geſtattet zwar den Guſs ſehr langer Teile in einem Stücke; doch fällt der Guſs leicht locker und blaſig aus, weil das flüſſige Eiſen nur unter geringem Drucke ſteht, und die Luftblaſen aus der langen wagrechten Form ſchwer entweichen können. Auch iſt es ſchwierig, den ſchweren Kern ſo ſteif zu bilden, daſs er nicht in der Mantelform durchhängt, und ſo entſtehen grade an der ungünſtigſten Stelle, in der Mitte der Länge, ungleiche Wandſtärken, oben zu groſse, unten zu geringe. Die ſich ergebende Schiefe und ungleichmäſsige Dichtigkeit des Querſchnittes haben auf die Tragfähigkeit der Stütze denſelben ungünſtigen Einfluſs, wie ſchiefer Angriff der Laſt, und können eine richtig berechnete Stütze ernſtlich gefährden. Die Ungleichmäſsigkeit der Wandſtärken iſt genau nur durch Anbohren zu erkennen.

Mit Sicherheit werden dieſe Mängel bei ſtehendem Guſſe vermieden. Hierbei iſt die Länge der Teile eine beſchränktere, da Gieſsgruben von entſprechender Tiefe erforderlich ſind. Nur gröſsere Gieſsereien haben die nötigen Anlagen und gieſsen Längen bis zu 8 m. Der Guſs wird dicht, weil die Laſt des Eiſens ſelbſt das Material verdichtet, und die Blaſen können nach oben entweichen. In der ſtehenden Form kann der Kern leicht gerade gehalten werden. Die Gieſstechnik iſt jedoch heute ſo weit vorgeſchritten, daſs man ſtehenden Guſs nicht mehr unbedingt vorzuſchreiben braucht. Bei liegend gegoſſenen Stützen iſt jedoch genaue und ſcharfe Prüfung unerläſslich.

Die Dichtigkeit des Guſſes prüft man am beſten durch Nachwägen der Stücke von bekanntem Inhalte.

Beiſpiel 1. Eine guſseiſerne Ringſtütze Nr. 4 der Zuſammenſtellung auf S. 206, welche unten flach aufſteht und oben ein Kugelgelenk beſitzt und am Ausweichen nicht verhindert iſt (Fall I, $C = 2{,}5$), ſoll bei 500 cm Länge 25 000 kg mit ($m =$) 8facher Sicherheit tragen; die zuläſſige reine Druckſpannung iſt für ſchweren Guſs ($s =$) 500 kg für 1 qcm. 289. Beiſpiele.

Das Längenverhältnis, bei dem die Gefahr des Zerdrücktwerdens und des Zerknickens gleich groſs iſt, folgt nach Gleichung 191 (S. 212) bei $E = 1000000$ kg für 1 qcm mit

$$l_1 = h\sqrt{\frac{2{,}5 \cdot 1000000 \cdot 0{,}125}{8 \cdot 500}} \quad \text{und} \quad h = \frac{l_1}{8{,}84}.$$

Der gemittelte Durchmeſſer müſste alſo $\frac{500}{8{,}84} = \backsim 57$ cm betragen, wenn die Gefahr des Zerknickens nicht vorliegen ſollte. So ſtark wird man die Stütze nicht machen, da ſie dann nur eine Wandſtärke von $\delta = \frac{25000}{500 \cdot \pi \cdot 57} = 0{,}28$ cm erhielte; ſie iſt alſo nach Gleichung 189 (S. 212) auf Zerknicken zu berechnen, wobei man genau genug $F = \delta h \pi$ ſetzen kann. Wird noch beſtimmt, daſs mit Rückſicht auf ſicheren Guſs die Wandſtärke 1,8 cm betragen ſoll, ſo ergiebt ſich nach Gleichung 189

$$\pi h \cdot 1{,}8\, h^2 = \frac{8 \cdot 25000 \cdot 500^2}{2{,}5 \cdot 1000000 \cdot 0{,}125},$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 25000 \cdot 500^2}{1{,}8 \cdot 3{,}14 \cdot 2{,}5 \cdot 1000000 \cdot 0{,}125}} = 30{,}5 \text{ cm}.$$

Der äufsere Durchmeffer ift alfo $30{,}5 + 1{,}8 = 32{,}3$ cm, der innere $30{,}5 - 1{,}8 = 28{,}7$ cm.

Beifpiel 2. Eine kaftenförmige Gufsftütze Nr. 5 der Zufammenftellung auf S. 206 ift mit den Querfchnittsabmeffungen $h = 18{,}5$ cm, $\delta = 1{,}5$ cm und von 750 cm Länge vorhanden; es fragt fich, wie viel diefe mit ($m =$) 7facher Sicherheit tragen kann, wenn fie unten mit grofser Grundplatte flach aufgefetzt und oben am Ausweichen verhindert wird (Fall III, $C = 20$).

Das Längenverhältnis, bei dem Zerknicken noch nicht eintritt, folgt bei $s = 500$ kg für 1 qcm zuläffiger Druckfpannung nach Gleichung 191 (S. 212) bei $c = 0{,}1667$ mit

$$l_1 = h \sqrt{\frac{20 \cdot 1000000 \cdot 0{,}1667}{7 \cdot 500}} \quad \text{und} \quad h = \frac{l_1}{30{,}9},$$

fo dafs alfo die gemittelte Breite h wenigftens $\frac{750}{30{,}9} = 24$ cm betragen müfste, wenn die Stütze nur auf Druck zu berechnen fein follte.

Da der Querfchnitt $4 \cdot 18{,}5 \cdot 1{,}5 = 111$ qcm beträgt, fo folgt die zuläffige Laft aus Gleichung 189 (S. 212) mit

$$P = \frac{20 \cdot 1000000 \cdot 0{,}1667 \cdot 111 \cdot 18{,}5^2}{7 \cdot 750^2} = 32170 \text{ kg}.$$

Beifpiel 3. Die Freiftütze für den Träger eines Schaufenfters hat bei 375 cm Länge 47000 kg zu tragen, mufs als oben und unten verdrehbar gehalten (Fall II, $C = 10$) angefehen werden und foll einen Querfchnitt nach Fig. 560, 563 u. 564 (Nr. 25 der Zufammenftellung auf S. 210) mit 18 cm gröfster Breite erhalten; die für die Berechnung unwefentliche Tiefe ift 77 cm. Da die äufsere Breite nur 18 cm betragen foll, fo darf b mit nur etwa $18 - 3 = 15$ cm angefetzt werden, und die Länge, bei welcher die Stütze einfach auf 500 kg Druck für 1 qcm zu berechnen fein würde, ift nach Gleichung 191 bei $m = 8$

$$l_1 = 15 \sqrt{\frac{10 \cdot 1000000 \cdot 0{,}15}{8 \cdot 500}} = \backsim 281 \text{ cm}.$$

Da die Stütze länger ift, mufs fie nach Gleichung 189 (S. 212) bemeffen werden, und zwar wird nach Gleichung 189

$$F h^2 = F b^2 = \frac{8 \cdot 47000 \cdot 375^2}{10 \cdot 1000000 \cdot 0{,}15} = 35250; \quad F = \frac{35250}{15^2} = 157 \text{ qcm}, \quad \text{und da } F = 5 b \delta,$$

$$\delta = \frac{157}{5 \cdot 15} = 2{,}09 \text{ cm};$$

b ift fomit genauer mit $18 - 2{,}09 = 16{,}0$ cm einzuführen; l_1 wird dann $\frac{281 \cdot 16}{15} = 300$ cm, alfo kleiner, als die Länge der Stütze, und die Wandftärke wird genauer nach

$$F = \frac{35250}{16^2} = 137{,}8 \text{ qcm},$$

$$\delta = \frac{137{,}8}{5 \cdot 16} = 1{,}72 \text{ cm},$$

wofür mit Rückficht auf abermalige Vergröfserung von b die Wandftärke $\delta = 1{,}7$ cm ausgeführt wird.

Die nötige Anzahl N von Verbindungen des hinteren Flanfches mit dem vorderen Kaften durch angegoffene Stege ergiebt fich in folgender Weife. Nach Fig. 564 ift

$$x_0 (18 \cdot 1{,}7 + 3 \cdot 1{,}7) = 18 \cdot 1{,}7 \frac{1{,}7}{2} + 3 \cdot 1{,}7 \left(1{,}7 + \frac{3}{2}\right), \text{ alfo } x_0 = 1{,}16 = \backsim 1{,}2 \text{ cm, und}$$

$$i = 18 \, \frac{1{,}2^3 + (1{,}7 - 1{,}2)^3}{3} + 1{,}7 \, \frac{3{,}5^3 - 0{,}5^3}{3} = 36.$$

Die Belaftung des Hinterflanfches ift $\frac{1}{5}$ der ganzen Laft $n = 5$, alfo nach Gleichung 194 (S. 213)

$$N = \frac{375}{3{,}14} \sqrt{\frac{8 \cdot 47000}{5 \cdot 1000000 \cdot 36}} = 5{,}4 \backsim 6.$$

Einfchliefslich derjenigen am oberen und unteren Ende find 8 Stegverbindungen im 1., 3., 5., 7., 9. und 11. Zwölftel der Länge anzugiefsen.

Beifpiel 4. In eine 1 Stein ftarke Innenwand foll ein gufseiferner Ständer mit I-förmigem Querfchnitte nach Fig. 561 (Nr. 6 der Zufammenftellung auf S. 206) geftellt werden, deffen Flanfche behufs bündigen Einputzens 1,8 cm dick fein müffen; das Mafs b für Nr. 6 ift alfo $25 + 1{,}8 = 26{,}8$ cm und $\delta = 1{,}8$ cm. Der Ständer ift 450 cm hoch und (nach Fall II, $C = 10$) oben und unten verdrehbar geführt.

Die aufzunehmende Laft ift $P = 36000^{kg}$; wie breit müffen die Flanfche fein, d. h. wie grofs ift das h in Nr. 6 zu machen? Die Zerknickungslänge ift nach Gleichung 191 (S. 212) aus Achfe I in Nr. 6 für $m = 8$ fache Sicherheit und $s = 500^{kg}$ für 1^{qcm} nach Gleichung 191:

$$l_1 = h \sqrt{\frac{10 \cdot 1000000 \cdot 0{,}0833}{8 \cdot 500}} = 14{,}4\, h.$$

Wenn alfo die Stütze nur auf Druck zu berechnen fein follte, fo müfste die Flanfchbreite $\frac{450}{14{,}4} = 31{,}2^{cm}$ betragen; die Tragfähigkeit wäre dann aber $2 \cdot 1{,}8 \cdot 31{,}2 \cdot 500 = 56160^{kg}$.

Die Flanfche werden daher fchmaler zu machen, dann aber nach Gleichung 189 (S. 212) auf Zerknicken zu berechnen fein, und es folgt

$$F h^2 = \frac{8 \cdot 36000 \cdot 450^2}{10 \cdot 1000000 \cdot 0{,}0833} = 70012.$$

F ift $= 2\delta h$, alfo $2 \cdot 1{,}8 \cdot h \cdot h^2 = 70012$ und $h = \sqrt[3]{\frac{70012}{3{,}6}} = 27{,}0^{cm}$.

Damit die Steifigkeit der Achfe II mindeftens fo grofs fei, wie die für I, mufs nach Nr. 6 $b \gtrless 0{,}577 \cdot 27 = 15{,}6^{cm}$ betragen; der Ständer ift für Achfe I bei $b = 26{,}8$, alfo jedenfalls zu fteif.

Für die Berechnung der Verbindungsftege nach Gleichung 194 (S. 213) ift

$$n = 2,\; i = \frac{27 \cdot 1{,}8^3}{12} = 13, \text{ alfo } N = \frac{450}{3{,}14} \sqrt{\frac{8 \cdot 36000}{2 \cdot 1000000 \cdot 13}} = 14{,}9 \backsim 15.$$

Abgefehen von den beiden an den Enden find fomit 15 Stege in den ungeraden Dreifsigfteln einzugiefsen. Statt diefer 17 Stege wird man hier einen vollen Steg zwifchen die Flanfche giefsen, oder man verfieht jeden Flanfch, wie in Beifpiel 3 (Fig. 563 u. 564), mit einer durchlaufenden Rippe und bringt dann Verbindungsftege in weiterer Teilung an, die zu berechnen ift, wie in Beifpiel 3.

Fig. 563.

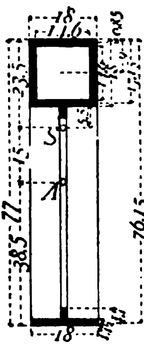


Fig. 564.

Beifpiel 5. Hier möge die in Art. 284 (S. 213) befprochene fchiefe (exzentrifche) Belaftung der Stützen berückfichtigt werden. Auf die Freiftützen des Beifpieles 3 fei die Laft von 47000^{kg} fo gelagert, dafs fie in der geometrifchen Mitte A (Fig. 563) der Tiefe von 77^{cm} angreift. Hier ift $F = 3 \cdot 18 \cdot 1{,}7 + 2 \cdot 14{,}6 \cdot 1{,}7 = 141^{qcm}$; der Abftand x_0 des Schwerpunktes von der Vorderkante folgt aus

$$x_0 = \frac{18 \cdot 1{,}7\,(0{,}85 + 17{,}15 + 76{,}15) + 2 \cdot 14{,}6 \cdot 1{,}7 \cdot 9}{141} = \backsim 23{,}5,$$

fomit ift für die Zugfeite $e = 23{,}5^{cm}$, für die Druckfeite $e = 77 - 23{,}5 = 53{,}5^{cm}$; das Trägheitsmoment für die Schwerpunktsachfe, welches berechnet werden mufs, weil hier Gleichung 195 (S. 213) zur Verwendung kommt, ift

$$\mathcal{J} = 18\, \frac{23{,}5^3 - 21{,}8^3 + 7{,}2^3 - 5{,}5^3 + 53{,}5^3 - 51{,}8^3}{3} + 2 \cdot 1{,}7\, \frac{21{,}8^3 - 7{,}2^3}{3}$$

$$= 113096 \text{ (auf Centim. bezogen).}$$

Die gröfsten Spannungen find demnach nach Gleichung 195

$$\sigma = \frac{47000}{141} \left(1 + \frac{15 \cdot 53{,}5 \cdot 141}{113096 - \frac{47000 \cdot 375^2}{8 \cdot 1000000}} \right) = 670^{kg} \text{ Druck an der Innenfeite}$$

und

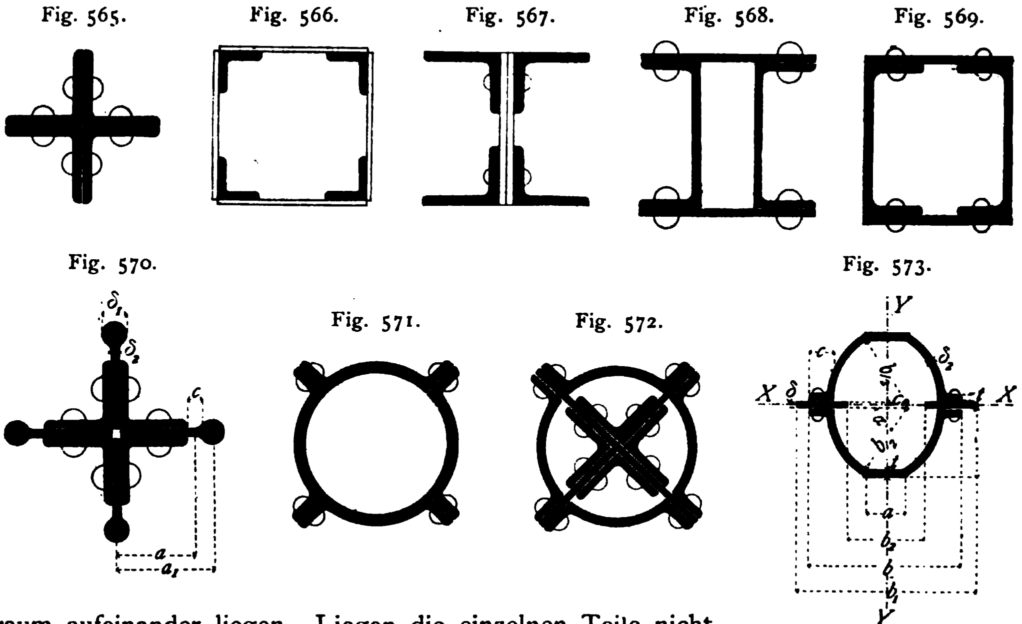
$$\sigma = \frac{47000}{141} \left(1 - \frac{15 \cdot 23{,}5 \cdot 141}{113096 - \frac{47000 \cdot 375^2}{8 \cdot 1000000}} \right) = 185^{kg} \text{ Druck aufsen.}$$

Die Stütze genügt demnach eben für die fchiefe Belaftung. Die ftärkere Belaftung des Innenflanfches hat nun aber nach Mafsgabe der Gleichung 194 (S. 213) eine entfprechende Vermehrung der Verbindungsftege zur Folge.

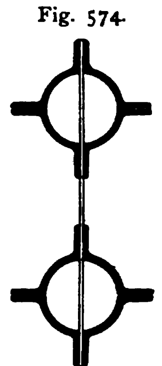
c) Freiftützen in Schweifseifen.

Schweifseiferne Stützen beftehen ausfchliefslich aus Walzquerfchnitten, und zwar find für ganz leichte Stützen I- und C-Profile zu verwenden; fchwerere werden durch Vernieten mehrerer Walzeifen hergeftellt. 290. Querfchnitt

Da die Teile eines Querfchnittes ohne offenen Schlitz feft aufeinander genietet werden, da aber die mit Rückficht auf dichten Schlufs der Fuge zu verwendende Heftnietteilung (fiehe Art. 209, S. 153 u. Art. 244, S. 183) von $6d$ bis $8d$ kleinere Abftände der Verbindungen liefert, als die Rückficht auf Widerftand der einzelnen Teile gegen Zerknicken, fo braucht die Anzahl der Verbindungen bei dicht gefchloffenen Querfchnitten nicht nach Gleichung 194 (S. 213) berechnet zu werden. Demnach kann der Gefamtquerfchnitt mit feinem Trägheitsmoment bei der Berechnung ohne weiteres benutzt werden, fobald die einzelnen Teile ohne Zwifchen-



raum aufeinander liegen. Liegen die einzelnen Teile nicht unmittelbar aufeinander, fo find Gitterwerk oder einfache Querverbindungen erforderlich, deren Teilung dann wieder mindeftens der Zahl N aus Gleichung 194 entfprechen mufs.


Fig. 574.

Aufser den einheitlichen Walzquerfchnitten, nämlich den I-, [- und für fchwache Stützen den +-Eifen [114]), deren Berechnung ganz nach den obigen Regeln durchgeführt werden kann, find neben den in der Zufammenftellung auf S. 206 bis 211 angeführten Walzeifen namentlich die in Fig. 565 bis 577 dargeftellten zufammengefetzten Querfchnitte verwendbar.

Gemeinfame Eigenfchaft der meiften genieteten Querfchnitte find die durch die Verbindungsteile entftehenden, vorfpringenden Rippen, die in der Anficht nicht eben günftig wirken, aber nur bei fo grofsem Umfange zu vermeiden find, dafs das Innere zugänglich wird. Querfchnitte, wie Fig. 569 (Berliner Stadt-Eifenbahn), find nur in kurzen Stücken herzuftellen, und felbft dann bedingt die Nietung der zweiten Platte befondere Vorkehrungen und teuere, weil mühfame Ausführung. Aus dem gleichen Grunde find kreisrunde Stützen aus genietetem Bleche mit kleinem Durchmeffer

114) Ueber ftarke +-Eifenprofile nebft zugehörigen Köpfen und Füfsen fiehe: Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 552 — ferner: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1885, S. 936; 1886, S. 40.

felten, auch nicht zu empfehlen, da die zur Mitte nicht allfeitig fymmetrifchen Nietnähte den Querfchnitt fchief machen.

Die Grundformen für die Querfchnittsbildung fchweifseiferner Freiftützen find: 291. Querfchnitt bildung.

Fig. 575.

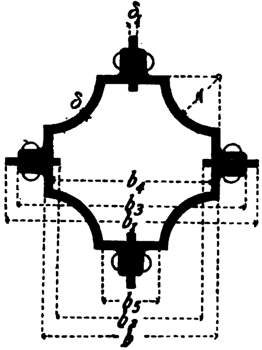


Fig. 576.

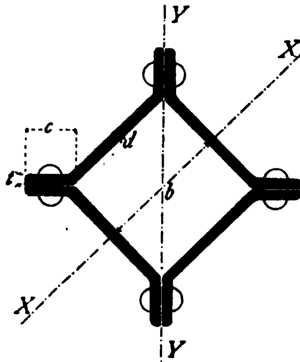
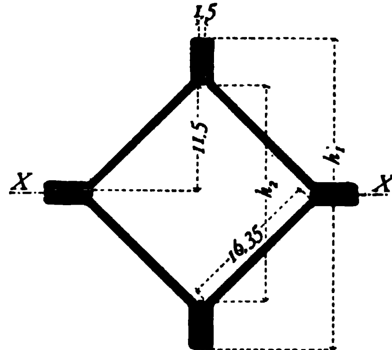


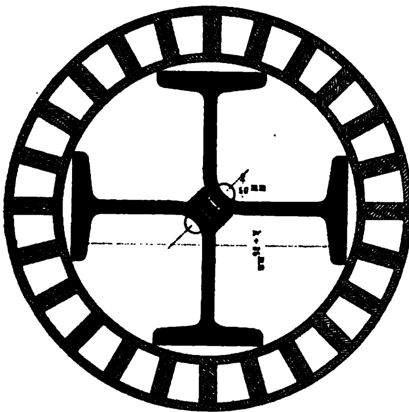
Fig. 577.



1) das gleichfchenkelige Winkeleifen (Fig. 565, 566, 570 u. 572, fiehe die Normalprofile in Teil I, Band 1, erfte Hälfte diefes »Handbuches«, ferner Nr. 7, 8, 9, 10, 28 u. 29 der Zufammenftellung auf S. 206 bis 211);

2) das ungleichfchenkelige Winkeleifen (Fig. 567, fiehe die Normalprofile ebendaf., ferner Nr. 11, 12, 13, 14, 26 u. 27 der Zufammenftellung auf S. 206 bis 211);

Fig. 578.



3) das [-Eifen (Fig. 568 u. 569, fiehe die Normalprofile ebendaf., ferner Nr. 19, 20, 21 der Zufammenftellung auf S. 206 bis 211);

4) das I-Eifen (fiehe die Normalprofile ebendaf., ferner Nr. 22 u. 23 der Zufammenftellung auf S. 206 bis 211, endlich auch Fig. 578);

5) die Blechplatte als Aufsenplatte (Fig. 568 u. 569) oder als Einlage (Fig. 572);

6) das Bandeifen felbftändig nach Nr. 6 der Zufammenftellung auf S. 206 oder als Einlage im Schlitze zwifchen den übrigen Teilen (z. B. dargeftellt in Fig. 573, 575 u. 577, ebenfo einzulegen in die Querfchnitte Fig. 571 u. 576);

7) das Bandeifen mit Rundftab (*fer plat à boudin*, Bulbeifen, Fig. 570) zur Ausfüllung von Schlitzen und Verfteifung des äufseren Umfanges, vorwiegend in Frankreich und im Schiffsbau angewendet;

8) das Quadranteifen (Fig. 571, 572 u. 574, fiehe die Normalprofile im genannten Bande, die bequemfte Form für cylindrifche Freiftützen, fehr gebräuchlicher Querfchnitt amerikanifcher Konftruktionen;

9) das Belageifen (Fig. 573), fiehe die Normalprofile ebendaf., welches einen ungewöhnlich lang geftreckten Querfchnitt und, wegen der fchmalen Flanfche, eine fchwierige Vernietung ergiebt;

10) das Quadranteifen mit doppeltem Winkel (Fig. 575, Völklinger Hütte), welches im Handel nicht ftets zu haben ift, indes durch verfchiedenartige Zufammenfetzung die Bildung einer grofsen Zahl von zweckmäfsigen Querfchnitten geftattet;

11) das Trapezeifen oder fchiefwinkelige Rinneneifen (Fig. 576 u. 577), welches u. a. von der Burbacher Hütte in den auf S. 222 angegebenen Profilen hergeftellt wird.

12) Einen eigenartigen Stützenquerfchnitt aus 2 zwifchen Walzen verbogenen I-Eifen, Patent *Jones & Laughlins*, zeigt Fig. 578. Der Querfchnitt ift leicht herzuftellen und offenbar fehr fteif. Fig. 578 zeigt ihn mit feuerficherer Umhüllung, wie er von den Patentinhabern in Chicago für die Stützung von Gebäuden verwendet wird, die aufser dem Erdgefchofs noch 16 Gefchoffe übereinander enthalten. Das kleine Einfatzftück in der Mitte ift gleichfalls ein Walzeifen.

Schiefwinkelige Rinneneiſen der Burbacher Hütte.

Profil		Bezeichnung nach Fig. 576:				Querſchnitt	Gewicht	Trägheitsmoment für die Achſen *XX* oder *YY* für 4 Eiſen (Fig. 576)
Blatt	Nr.	*b*	*c*	*d*	*t*			
XXIV	6	16,35	7	1,3	1,3	36,9	28,6	11 747
XXIV	6*a*	16,35	7	1,5	1,5	42,0	32,6	13 814
XXIV	6*b*	16,35	7,3	1,7	1,7	47,2	36,6	15 880
XXIV	7	28	8,35	1,8	1,8	88,8	68,9	73 957
XXIV	7*a*	28	8,5	2	2	96,8	75,1	81 602
XXIV	7*b*	28	8,63	2,2	2,2	104,8	81,3	89 247
XXIV	7*c*	28	8,77	2,4	2,4	112,8	87,5	96 892
XXIV	7*d*	28	8,9	2,6	2,6	120,8	93,7	104 537
XXIV	7*e*	28	9,05	2,8	2,8	128,8	99,9	112 182
XXIV	7*f*	28	9,2	3	3	136,8	106,1	119 827
XXIV	7*g*	28	9,33	3,2	3,2	144,8	112,3	127 472
XXIV	7*h*	28	9,5	3,4	3,4	152,8	118,5	135 117
XXIV	7*i*	28	9,6	3,6	3,6	160,8	124,7	142 760
		Centimeter				Quadrat-Centimeter	Kilogramm	

Auſser dieſen Profilen, welche noch eine groſse Zahl von anderen Zuſammenſtellungen geſtatten, kann noch eine weitere Reihe ausgebildet werden, indem man 2, 3, 4 oder noch mehrere dieſer Stützen durch Gitterwerk zu gegliederten Freiſtützen verbindet (Fig. 574) oder in die Hohlräume der einfachen Querſchnitte noch Bleche und Winkeleiſen einfügt (Fig. 572).

Einen Querſchnitt erſterer Art bildet ſtreng genommen ſchon der I-förmige Querſchnitt in Fig. 567, welcher aus 2 T-förmigen Querſchnitten mittels Vergitterung erzielt wurde. Fig. 566 (Nr. 29 der Zuſammenſtellung auf S. 211) zeigt einen Quadratquerſchnitt aus 4 Winkeleiſen und 4 Gitterwänden, in welchem die Winkeleiſen ſehr häufig umgedreht erſcheinen, ſo daſs ein Kreuz aus 4 Winkeln (Nr. 10 derſelben Zuſammenſtellung) mit ſehr breiten Schlitzen entſteht. Fig. 574 ſtellt einen zweiteiligen Querſchnitt aus 2 Quadranteiſenſäulen dar.

Derartige Anordnungen werden jedoch nur bei ſehr bedeutender Höhe und Belaſtung und namentlich dann verwendet, wenn wagrechte oder geneigte Kräfte auf die Freiſtütze wirken. Ihre Anwendung wird durch die gewöhnlichen Aufgaben des Hochbaues nur ſelten bedingt; ſie kommen z. B. zur Unterſtützung der Dächer weiter Hallen, alſo in Bahnhof-, Markt-, Feſthallen, Ausſtellungsgebäuden u. ſ. w. vor, wo ſie die ſeitlichen Winddrücke aufzunehmen haben.

292. Ausſtattung.

Für die äuſsere Ausſtattung der ſchweiſseiſernen Stützen ſind völlig befriedigende Formen bisher nicht gefunden, da faſt alle Querſchnitte die mageren Eiſendicken zeigen und ſich daher den kräftigeren Formen ſteinerner oder hölzerner Konſtruktionsteile ſchlecht anſchlieſsen[115]. Das Walzverfahren geſtattet nur die Herſtellung völlig prismatiſcher Formen. Verjüngungen und Schwellungen können bloſs durch Verwendung ſchwieriger Herſtellungsverfahren (Berliner Stadteiſenbahn: trapezförmig geſchnittene Platten für Fig. 569, keilförmig geſchmiedete Einlageſtreifen für Fig. 576) mit vergleichsweiſe hohen Koſten erzielt werden; verzierende Teile müſſen aus anderweitigen Bauſtoffen (Zink, Zinkguſs, Guſseiſen) gebildet und mittels Verſchraubung angeſetzt werden. Die Nietköpfe verſchwinden durch Verſenkung.

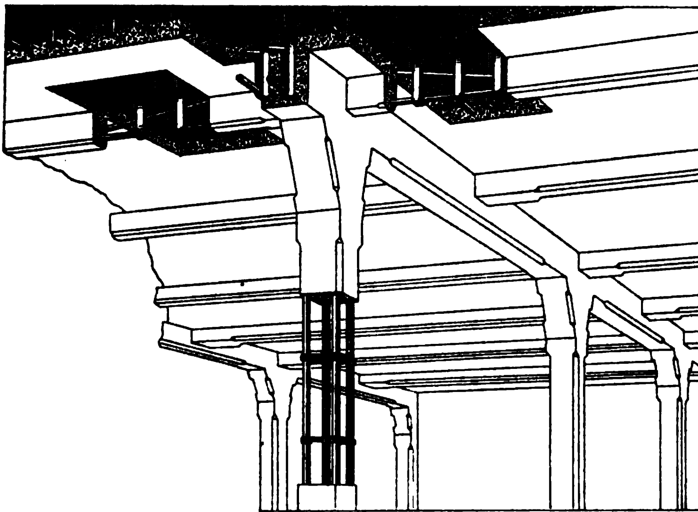
115) Vergl. auch:
Heuser, G. Ueber Pfeiler von verſchiedenſeitiger Struktur. Deutſche Bauz. 1881, S. 344; 1882, S. 468.
Schmiedeeiſerne Säulen aus Quadrant-Eiſen und Verkleidung eiſerner Stützen. Deutſche Bauz. 1884, S. 225.
Koulle, H. Schmiedeeiſerne Stützen aus Quadranteiſen und L-Eiſen. Deutſche Bauz. 1884, S. 235.

Zur völligen Befeitigung diefer Schwierigkeiten find zuerft in Amerika Ummantelungen mit vollen oder hohlen Thonplatten vorgenommen worden, welche mittels Blechklammern an befonderen Befeftigungsteilen, auch wohl an den Nietköpfen aufgehängt, dann in den Fugen verftrichen oder ganz geputzt find, die Stütze auch ganz frei umgeben (Fig. 578). Auch das Einhüllen der Stütze in Betonkörper giebt wirkfamen Feuerfchutz und ift vergleichsweife billig. So entfteht fcheinbar eine fteinerne Stütze, der man jedes gewünfchte Profil geben kann und deren feuerfefter Mantel zugleich den eifernen Kern fchützt. Die Anordnung ift jedoch verwickelt und teuer und hat den Mangel, dafs bei Wärmeänderungen infolge der Bewegungen des Eifens leicht Riffe in den Plattenfugen entftehen, wenn die Umhüllung in fefter Verbindung mit der Stütze fteht. Diefe Bedenken find jedoch heute fo weit befeitigt, dafs die Verwendung feuerfefter Umhüllungen an manchen Orten behördlich vorgefchrieben wird für folche Stellen, an denen aus dem Nachgeben der Stützen Gefahren für Menfchen entftehen können.

293. Bauart *Hennebique*.

An diefer Stelle ift noch eine befondere Art von Freiftützen zu erwähnen, die Verbundftützen der *Hennebique*-Bauart [116]). Wie Fig. 579 zeigt, beftehen diefe aus einem Gerippe von Rundeifen oder auch nur Drähten, welche durch Bandeifen oder Drahtfchlingen gegeneinander feftgelegt find und ganz in Beton oder Zementmörtel eingehüllt werden.

Fig. 579.



Der Form nach kann man auf diefe Weife fowohl Holz-, wie Steinftützen nachahmen; erfteres zeigt Fig. 579. Selbft durch an Querfchnitt nur geringe Einlagen werden folche Stützen beträchtlich tragfähiger als folche aus Beton oder Mörtel ohne die Einlagen. Man kann höhere Druckfpannungen zulaffen; namentlich wird auch die Widerftandsfähigkeit gegen Zerknicken erheblich höher als in gleichen Körpern ohne Einlagen. Solche Verbundftützen können daher verhältnismäfsig fehr fchlank geftaltet werden. Während man beften Beton höchftens bis zu etwa 25 kg für 1 qcm belaftet, hat es kein Bedenken, die Spannung in folchen Verbundkörpern auf 50 kg für 1 qcm und felbft höher fteigen zu laffen.

Sie find alfo fehr leiftungsfähig und verdienen alle Beachtung. Da fie jedoch nicht eigentlich zu den eifernen Stützen gehören, fo werden fie hier nicht eingehender behandelt, zumal fich ausführliche Mitteilungen darüber an anderer Stelle [116]) diefes »Handbuches« finden.

---

116) Eingehend behandelt in Teil III, Bd. 2, Heft 3, a (2. Aufl.) diefes »Handbuches«.

294. Berechnung.

Für einfache Querſchnitte erfolgt die Berechnung auf Zerknicken nach Ermittelung der Steifigkeitsziffer c (ſiehe Teil I, Band 1, zweite Hälfte dieſes »Handbuches«, Art. 340, S. 303[117]) nach Gleichung 189 (S. 212) ganz ſo, wie dies in der Zuſammenſtellung auf S. 206 bis 211 für 29 Querſchnitte durchgeführt iſt und oben für guſseiſerne Stützen gezeigt wurde. Indes iſt die allgemeine Ermittelung von c nicht für alle Querſchnittsarten möglich; alsdann tritt die Berechnung durch Verſuchen mit vorläufigen Annahmen ein, indem man das erforderliche kleinſte Trägheitsmoment nach Gleichung 193 (S. 213) beſtimmt oder die zuläſſige Zerknickungsſpannung s_z nach Gleichung 192 (S. 213) berechnet.

Daſs bei den einheitlich vernieteten Querſchnitten wegen der engen Heftnietteilung die einzelnen Beſtandteile nicht auf ihre Steifigkeit unterſucht zu werden brauchen, iſt auf S. 220 geſagt. Bei den mit Vergitterungen oder einfachen Querverbindungen hergeſtellten Querſchnitten iſt jedoch wieder die Anzahl der Verbindungen N nach Gleichung 194 (S. 213) zu beſtimmen.

Die Berechnung auf Biegung bei ſchiefer oder geneigter Belaſtung erfolgt nach Gleichung 195 (S. 213), bezw. 196 (S. 214).

Bei Benutzung der Gleichungen 187, 190 oder 192 müſſen die mit Hilfe der Steifigkeitsziffer c nach der Zuſammenſtellung auf S. 206 bis 211 nicht zu ermittelnden Trägheitsmomente aus den vorläufig angenommenen Querſchnitten berechnet werden. Ueber dieſe Berechnung der Trägheitsmomente $\mathcal{J}$ möge, ſoweit ſie nicht durch die Querſchnittsverzeichniſſe unnötig gemacht wird oder durch Zerlegen der Querſchnitte in Rechtecke erfolgen kann, zunächſt noch einiges bemerkt werden.

Die genaue Berechnung der Trägheitsmomente der Querſchnitte in Fig. 565, 566, 567, 568 u. 569 erfolgt durch wiederholte Anwendung der Formel für das Rechteck, wie es a. a. O. in Art. 308 bis 311 (S. 267 u. 268[118]) für mehrere Fälle durchgeführt iſt.

Die Trägheitsmomente für Fig. 571 ſind der Tabelle auf S. 197 in Teil I, Band 1, erſte Hälfte dieſes »Handbuches«[119]), jene für Fig. 576 der Tabelle auf S. 222 des vorliegenden Bandes zu entnehmen.

Querſchnitte nach Fig. 572 bedingen gleichzeitige Benutzung der Tabellen und der Formeln für zuſammengeſetzte Querſchnitte.

Für den Querſchnitt in Fig. 570 iſt dem Trägheitsmomente des Kreuzquerſchnittes innerhalb der Winkeleiſen für genaue Berechnung noch $\frac{\delta_1^2 \pi}{16} (\delta_1^2 + 8 a_1^2) + \frac{c \delta_2}{6} (12 a_1^2 + \delta_2^2)$ oder für ſehr annähernde Berechnung $\frac{\pi \delta_1^2 a_1^2}{2} + 2 c \delta_2 a^2$ hinzuzufügen.

Beim Querſchnitte in Fig. 573 iſt nicht ohne weiteres für alle Fälle zu entſcheiden, ob YY oder XX das Trägheitsmoment $\mathcal{J}_{min}$ liefert. Bezeichnet $\mathcal{J}_1$ das Trägheitsmoment des einzelnen Belageiſens für die zur Unterfläche gleich laufende Schwerachſe und $\mathcal{J}_2$ für die dazu winkelrechte Mittelachſe (vergl. den oben genannten Band, S. 196), ſo iſt

$$\mathcal{J}_x = 2 \left[\mathcal{J}_1 + \frac{F (h + \delta)^2}{4} \right] + (b_1 - b_2) \frac{\delta^3}{12},$$

$$\mathcal{J}_y = 2 \mathcal{J}_2 + \delta \frac{b_1^3 - b_2^3}{12},$$

wenn F den Querſchnitt eines Belageiſens bezeichnet. Fehlt die Einlage, ſo ſetze man $\delta = 0$.

Für Querſchnitte aus dem in Fig. 575 verwendeten Eiſen muſs das Trägheitsmoment für jede Form beſonders berechnet werden. Für das gewählte Beiſpiel iſt für jede durch den Mittelpunkt gehende Achſe

117) 2. Aufl.: Art. 125, S. 105. — 3. Aufl.: Art. 141, S. 131.

118) 2. Aufl.: Art. 39 bis 43, S. 29 u. 30; 3. Aufl.: Art. 49 bis 56, S. 33 bis 37.

119) 2. Aufl.: S. 252.

$$\mathfrak{J} = r\,\delta\,(r^2\,\pi + 2\,\pi\,b^2 - 8\,r\,b) + \frac{1}{12}\Big[\delta_1\,(b_1^3 - b_2^3) + 2\,\delta\,(b_3^3 + b_5^3 - b^3 - \delta_1^3) +$$
$$+ (b_5 - \delta)\,(b^3 - b_4^3) + (b_3 - b)\Big\{(\delta_1 + 2\,\delta)^3 - \delta_1^3\Big\} + (b_1 - b_2)\,\delta_1^3\Big].$$

Fehlen die Einlagen, fo ift $\delta_1 = 0$ zu fetzen.

Die Hauptträgheitsmomente des Querfchnittes in Fig. 578 find, etwas zu gering ermittelt, diejenigen des urfprünglichen I-Eifens.

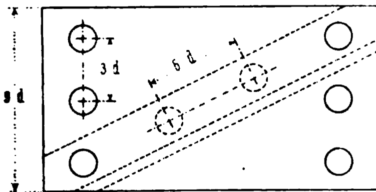
Schliefslich fei noch erwähnt, dafs in gedrückten Querfchnitten die Nietlöcher in der Regel bei Berechnung der Flächen und Trägheitsmomente nicht abgezogen werden.

295. Verbindung der Querfchnittsteile.

Dafs die einzelnen Teile zufammengefetzter Querfchnitte untereinander fo verbunden werden müffen, dafs der ganze Querfchnitt wie ein gefchloffener wirkt, wurde in Art. 283 (S. 213) bereits betont; hier ift nun noch die Art und Weife der Ausbildung und Einfetzung diefer Verbindungen zu erörtern.

Die Verbindung kann durch Einfügen eines engmafchigen Gitterwerkes zwifchen die Teile erfolgen, und zwar mufs diefe Verbindungsart immer gewählt werden, wenn nicht blofs eine Längskraft in der Schwerachfe des Körpers, fondern daneben auch noch irgend eine Biegungsmomente erzeugende Querkraft wirkt, da die Teile der Stütze in diefem Falle die Gurtungen eines gebogenen Trägers bilden, welche der Verbindung durch eine regelrecht gegliederte, zur Aufnahme der Querkraft befähigte Wand bedürfen.

Fig. 580.



Ift der Körper aber lediglich einer in oder nahe der Schwerachfe wirkenden Längskraft ausgefetzt, fo ift das verhältnismäfsig teuere und verwickelte Gitterwerk nicht nötig; man kommt dann mit einfachen Querverbindungen aus, deren Zahl N nach Gleichung 194 (S. 213) berechnet wird. Diefe Querverbindungen find für $N = 2$ in den ungeraden Vierteln der ganzen Länge anzubringen, für $N = 3$ in den ungeraden Sechsteln, für $N = 4$ in den ungeraden Achteln, für $N = 5$ in den ungeraden Zehnteln u. f. w. Sie beftehen aus nicht zu fchwachen, rechteckigen Blechftücken, welche mit jedem der zu verbindenden Teile mit drei Nieten in einer Reihe zu vernieten find. Werden diefe Querbleche bei grofsem Abftande der zu verbindenden Teile voneinander grofs, fo ift es zweckmäfsig, fie durch in fchräger Richtung aufgenietete Winkelabfchnitte zu verfteifen. Die beiden Enden jedes folchen Winkels werden am beften mit den entgegengefetzten, äufserften Nieten der beiden Reihen von je drei Nieten gefafst. Dazwifchen fetze man noch Heftniete in etwa 6 *d* Teilung in die Winkel (Fig. 580).

296. Beifpiele.

B e i f p i e l 1. Eine Freiftütze von $5{,}0^{m}$ Höhe zum Tragen von Deckenträgern foll nach dem Querfchnitte Nr. 26 der Zufammenftellung auf S. 210 (Fig. 567) aus 4 Winkeleifen des Verhältniffes $1 : 1{,}5$ hergeftellt werden. Die Stütze fteht unten mit grofser Grundplatte ftumpf auf und ift oben verdrehbar am Ausweichen verhindert (Fall III, $C = 20$). Die Freiftütze foll $P = 50\,000^{kg}$ mit ($m =$) 5-facher Sicherheit tragen. Behufs Einbringens der Querverbindungen zwifchen den Querfchnittshälften foll in Nr. 26 der Zufammenftellung auf S. 210: $k_1 = 0{,}8$ angenommen werden; demnach ift $c = 0{,}6613$.

Nach Gleichung 191 (S. 212) ergiebt fich die Schenkelbreite h, welche das Zerknicken überhaupt ausfchliefst, nach

$$l_1 = h\sqrt{\frac{20 \cdot 2\,000\,000 \cdot 0{,}6613}{5 \cdot 1000}} = 72{,}7\,h\,,$$

wenn die zuläffige Druckfpannung s bei ruhiger Laft zu 1000^{kg} für 1^{qcm} angenommen wird. Die Schenkelbreite müfste danach $h = \frac{500}{72{,}7} = 6{,}9^{cm}$ fein. Das kleinfte Winkeleifen der bezeichneten Art oberhalb diefes Mafses ift das $8 \times 12 \times 1^{cm}$ mit 19^{qcm} Querfchnitt, und diefes würde $\frac{50\,000}{4 \cdot 19} = 658^{kg}$

für 1 qcm Spannung ergeben, ist also zu schwer. Für alle kleineren Winkeleisen muss die Berechnung auf Zerknicken erfolgen.

Nach Gleichung 189 (S. 212) ist $4fh^2 = \frac{5 \cdot 50000 \cdot 500^2}{20 \cdot 2000000 \cdot 0{,}6618}$, also $fh^2 = 591$. Das leichteste Winkeleisen, das dem genügt, ist $6{,}5 \times 10 \times 1{,}1$ cm mit $f = 16{,}94$ qcm, sonach $fh^2 = 16{,}94 \cdot 6{,}5^2 = 716$; das nächst leichtere ist schon zu schwach. Die Freistütze ist also aus 4 solchen Winkeleisen mit $k_1 h = 0{,}3 \cdot 6{,}5 = 1{,}95 = \infty\ 2{,}0$ cm Schlitzweite zu bilden.

Nach Nr. 26 der Zusammenstellung auf S. 210 ist für $k_1 = 0{,}3$ $k = 2{,}039$ und somit die Stützenbreite zwischen den Aussenkanten $kh = 2{,}039 \cdot 6{,}5 = 13{,}2$ cm zu machen, wenn äussere Rücksichten nicht ein grösseres Mass verlangen; die Freistütze ist dann in allen Richtungen gleich steif.

Werden die beiden Winkeleisen einer Hälfte durch Stehniete in einer Teilung von etwa $16\,d$ verbunden, so kommt es nun noch darauf an, die beiden Hälften zur Erzielung genügender Tragfähigkeit hinreichend oft in Verbindung zu bringen. Das kleinste Trägheitsmoment zweier Winkeleisen ist nach Nr. 12 der Zusammenstellung auf S. 207 für Achse I

$$i = 2 \cdot 16{,}94 \cdot 6{,}5^2 \cdot 0{,}231 = 2fh^2c = 330;$$

in Gleichung 194 (S. 213) ist ferner $n = 2$ für eine Stützenhälfte; daher folgt

$$N = \frac{500}{3{,}14} \sqrt{\frac{5 \cdot 50000}{2 \cdot 2000000 \cdot 330}} = 2{,}19,$$

abgerundet auf 3. Somit sind drei Querverbindungen im 1., 3. und 5. Sechstel der Länge anzubringen.

Beispiel 2. Eine 630 cm lange, unten eingespannte, oben verdrehbar gehaltene (Fall III, $C = 20$) Freistütze aus Quadranteisen (Fig. 571) hat 35000 kg bleibende und 24000 kg nicht stossweise wirkende Verkehrsbelastung mit ($m =$) 5-facher Sicherheit zu tragen.

Nach Gleichung 18 in Teil I, Band 1, zweite Hälfte (S. 251) dieses »Handbuches« müsste der reine Druckquerschnitt $\frac{35000}{1200} + \frac{24000}{720} = 62{,}5$ qcm betragen.

Nach Gleichung 193 (S. 213) ist das erforderliche kleinste Trägheitsmoment

$$J_{min} = \frac{59000 \cdot 5 \cdot 630^2}{20 \cdot 2000000} = 2927 \text{ (auf Centim. bezogen).}$$

Das Normalquadranteisen $7{,}5 \times 1{,}0$ cm genügt mit $J = 2957$ auf Zerknicken eben, auf reinen Druck mit $F = 80{,}2$ qcm reichlich und ist somit für die Stütze ausreichend.

Beispiel 3. Für 60000 kg bleibende und 40000 kg Verkehrslast soll eine 800 cm lange, oben und unten verdrehbar gehaltene (Fall II, $C = 10$) Freistütze nach Fig. 577 mit 1,5 cm starken Einlagen ausgebildet werden.

Der reine Druckquerschnitt ist nach der eben genannten Gleichung in Teil I, Band 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches« $\frac{60000}{1200} + \frac{40000}{720} = 105{,}5$ qcm.

Wird vorläufig das Trapezeisen Nr. 6 der Zusammenstellung auf S. 222 gewählt, so ist das Trägheitsmoment XX (Fig. 577) bei $h_1 = 2\frac{16{,}35}{1{,}414} + 2 \cdot 7 + 1{,}5 = 38{,}5$ cm und $h_2 = 38{,}5 - 14 = 24{,}5$ cm

$$J_x = 11747 + 4 \cdot 16{,}35 \cdot 1{,}3 \left[\left(\frac{11{,}5 + 1{,}5}{2}\right)^2 - \left(\frac{11{,}5}{2}\right)^2\right] + 4 \cdot 7 \cdot 1{,}3 \left[\left(\frac{1{,}3 + 1{,}5}{2}\right)^2 - \left(\frac{1{,}3}{2}\right)^2\right]$$

$$+ 4 \cdot 7 \cdot 1{,}3 \left[\left(11{,}5 + 3{,}5 + \frac{1{,}5}{2}\right)^2 - (11{,}5 + 3{,}5)^2\right] + 1{,}5\,\frac{38{,}5^3 - 24{,}5^3}{12} + 2 \cdot 7 \cdot \frac{1{,}5^3}{12},$$

$$= 11747 + 781 + 56 + 837 + 5295 + 4 = 18720 \text{ (auf Centim. bezogen);}$$

$$F = 4 \cdot 36{,}9 + 4 \cdot 7 \cdot 1{,}5 = 189{,}6 \text{ qcm.}$$

Nach Gleichung 192 (S. 213) wird die zulässige Zerknickungsspannung

$$s_z = \frac{10 \cdot 2000000 \cdot 18720}{5 \cdot 800^2 \cdot 189{,}6} = 617 \text{ kg für 1 qcm.}$$

Der Querschnitt muss somit $\frac{60000 + 40000}{617} = 162$ qcm betragen, während 189,6 qcm vorhanden sind. Da mit Verschwächung der Einlagen J_x kleiner, also s_z und somit der erforderliche Querschnitt grösser wird, so kann man die Einlagen nicht etwa einfach um den Unterschied von $189{,}6 - 162 = 27{,}6$ qcm

fchwächen; vielmehr wird der richtige Wert zwifchen beiden liegen, und man wird die Einlagen etwa mit $7 \cdot 1^{cm}$ ausführen können, wobei man mit

$$189{,}6 - 4 \cdot 0{,}5 \cdot 7 = 175{,}6^{qcm}$$

Querfchnitt jedenfalls eine hinreichend ftarke Stütze erhält.

Beifpiel 4. Eine Freiftütze für das Dach einer Vorfahrt von $l = 5^m$ Höhe foll mit $(m =)$ 5-facher Sicherheit und bei Querfchnittsausbildung nach Nr. 20 der Zufammenftellung auf S. 209 aus 2 [-Eifen eine Laft $P = 4000^{kg}$ tragen. Die Stütze fteht unten mit breitem Fufse ftumpf auf und ift oben ganz frei (Fall I, $C = 2{,}5$). Die beiden [-Eifen follen fo weit voneinander ftehen, dafs das Trägheitsmoment für die Achfe II mindeftens ebenfo grofs wird, wie für I (Nr. 20 der gedachten Zufammenftellung). Dann ift die für das Trägheitsmoment mafsgebende Abmeffung h und $c = 0{,}151$.

Nach Gleichung 189 (S. 212) mufs fein

$$2 f h^2 = \frac{5 \cdot 4000 \cdot 500^2}{2{,}5 \cdot 2000000 \cdot 0{,}151}, \quad \text{alfo} \quad f h^2 = 3311 \text{ (auf Centim. bezogen).}$$

Für [-Eifen Nr. 12 ift $f h^2 = 17{,}04 \cdot 12^2 = 2460$ (auf Centim. bezogen)

» » » 14 » $f h^2 = 20{,}4 \cdot 14^2 = 4000$ » » »

Nr. 14 ift demnach zu wählen. Für Nr. 14 folgt nach Nr. 20 der Zufammenftellung auf S. 209 mit $k_1 = 0{,}62 \left[\sqrt{1{,}58 \left(\frac{14}{6}\right)^2 - 1} - 1\right] = 1{,}07$ und fomit die für $J_I = J_{II}$ auszuführende Schlitzweite

$$\delta_1 = k_1 b = 1{,}07 \cdot 6 = 6{,}42 = \backsim 6{,}5^{cm}.$$

Werden die Trägheitsmomente durch Nachrechnen geprüft, fo ergeben fich nach der Tabelle für Normal-[-Eifen $J_I = 2 \cdot 609 = 1218$ (auf Centim. bezogen) und $J_{II} = 2 \left[71 + 20{,}4 \left(\frac{6{,}5}{2} + 1{,}91\right)^2\right]$ $= 1226$ (auf Centim. bezogen), alfo nicht ganz $0{,}7$ Vomhundert Fehler.

Hätte man von vornherein Gleichung 193 (S. 213) zur Berechnung von J_{min} benutzt, fo hätte man erhalten:

$$J_{min} \geqq \frac{4000 \cdot 5 \cdot 500^2}{2{,}5 \cdot 2000000} = 1000$$

für 2 [-Eifen, was wieder zu Nr. 14 führt.

Die Zahl N der Querverbindungen folgt, da für ein [-Eifen nach der Tabelle für Normal-[-Eifen $i = 71$ und $n = 2$ ift, nach Gleichung 194 (S. 213)

$$N = \frac{500}{3{,}14} \sqrt{\frac{5 \cdot 4000}{2 \cdot 2000000 \cdot 71}} = 1{,}84 = \backsim 2.$$

Demnach genügen, abgefehen von den Verbindungen an beiden Enden, zwei Verbindungen im 1. und 3. Viertel der Länge.

Beifpiel 5. Für eine oben und unten verdrehbar geführte Stütze (Fall II, $C = 10$), welche $P = 70000^{kg}$ mit $(m =)$ 6-facher Sicherheit bei 800^{cm} Länge zu tragen hat, ftehen Winkeleifen $11 \times 11 \times 1{,}2^{cm}$ zur Ausbildung eines Querfchnittes nach Nr. 29 der Zufammenftellung auf S. 211 (Fig. 566) zur Verfügung; wie weit find die Winkeleifen auseinander zu rücken, und wie oft find fie zu verbinden, damit die Stütze fteif genug wird?

Für ein Winkeleifen ift $f = 25^{qcm}$; die Druckfpannung überfchreitet alfo mit $\frac{70000}{4 \cdot 5} = 700^{kg}$ für 1^{qcm} die zuläffige Grenze nicht.

Nach Nr. 29 der Zufammenftellung auf S. 211 ift für die Quadratfeite $k h$ die Steifigkeitsziffer $c = 0{,}177 + \frac{k}{4}(k - 1{,}148)$; folglich lautet Gleichung 189 (S. 212) für diefen Fall bei $h = 11^{cm}$

$$4 \cdot 25 \cdot 11^2 = \frac{6 \cdot 70000 \cdot 800^2}{10 \cdot 2000000 \left[0{,}177 + \frac{k}{4}(k - 1{,}148)\right]},$$

woraus $k = 2{,}59$ folgt.

Die Quadratfeite des Querfchnittes ift daher

$$k h = 2{,}59 \cdot 11 = 28{,}5^{cm}$$

zu machen. Dies ift ausführbar, da der Querfchnitt bei $28{,}5 - 2 \cdot 11 = 6{,}5^{cm}$ lichtem Zwifchenraume zwifchen den Schenkeln für Nietung und Unterhaltung hinreichend zugänglich bleibt.

Für das einzelne Winkeleifen ift nach Nr. 7 der Zufammenftellung auf S. 206 und Gleichung 188 (S. 205)

$$i = 0{,}0381 \cdot 25 \cdot 11^2 = 115 \text{ (auf Centim. bezogen),}$$

somit nach Gleichung 194 (S. 213) bei $n = 4$

$$N = \frac{800}{3{,}14} \sqrt{\frac{6 \cdot 70000}{4 \cdot 2000000 \cdot 115}} = 5{,}5 = \backsim 6.$$

Aufser den Endverbindungen müffen alfo noch 6 Verbindungen in den ungeraden Zwölfteln der Länge hergeftellt werden, indem man je ein Rechteckblech mit 6 Nieten nach Fig. 580 auf jede der vier Seiten des Querfchnittes legt.

d) Kopf der Freiftützen.

297. Ausbildung. Die Durchbildung der Stützenköpfe hängt derart von der Geftalt des zu tragenden Teiles ab, dafs eine allgemeine Behandlung nicht thunlich erfcheint. Nur die folgenden Regeln find für die Mehrzahl der Fälle gültig.

Reicht die Freiftütze nur durch ein Gefchofs, fo lagere man die zu tragenden Teile fo auf das obere Ende, dafs die Laft ftets im Schwerpunkte des Stützenquerfchnittes wirkt. Träger lagert man daher am beften auf flach abgerundete Schneidenplatten.

Reicht die Stütze durch mehrere Gefchoffe, fo ift es bei Gufseifen in der Regel zweckmäfsig, die die Laft aufnehmenden Teile nicht in fefte Verbindung mit der Stütze zu bringen, fondern einen gefonderten Gufsring mit den nötigen Anfätzen[120]) um die Stütze zu legen, welcher fich auf einen Wulft der letzteren fetzt. Man gelangt auf diefe Weife unter allen Umftänden zu einfachen Gufsformen und zur Möglichkeit der Erfüllung der letzten Regel, dafs die Stützen verfchiedener Gefchoffe thunlichft ohne Einfügen eines Zwifchengliedes und ohne Querfchnittsfchwächungen unmittelbar aufeinander ftehen follen.

Die Stützen verfchiedener Gefchoffe werden in der Regel gefondert hergeftellt und greifen in oder dicht über der Kopfkonftruktion falzartig mit abgedrehten Druckflächen unter Einlegen von Blei- oder beffer Kupferringen ineinander. Nur bei leichten Stützen werden die die Laft aufnehmenden Teile feft an die Stütze gegoffen, wodurch der Gufs erfchwert wird und die Gufsfpannungen fich erhöhen.

Bei fchweifseifernen Stützen nietet man zur Aufnahme der Laften Kragftücke in die Schlitze für die Füllftreifen, da diefe faft ftets zur Vergröfserung der Sicherheit gegen Zerknicken zugefügten Streifen am Kopfe nicht mehr erforderlich find. Fehlen die Schlitze, fo erfolgt die Befeftigung an den vorfpringenden Flanfchen. Für die verfchiedenen Gefchoffe find auch diefe Stützen neuerdings nach Abhobeln der Endflächen, nötigenfalls unter Einlegen von Kupfer, ftumpf aufeinander gefetzt[121]), und es werden alsdann Seitenverfchiebungen durch Einfetzen vorfpringender Lappen in den Fufs der oberen Stütze verhindert, welche in den Kopf der unteren greifen, oder es werden fchweifseiferne Platten eingelegt, welche dem Stützenquerfchnitte entfprechend oben und unten mit dem Hobel ausgenutet find.

Das ftumpfe Auffetzen ift jedoch nur bei lotrecht belafteten Freiftützen zuläffig. Haben fie Biegung auszuhalten, fo müffen gufseiferne Stützen entfprechend tief ineinander greifen (vergl. die Ausbildung der Füfse unter e); fchweifseiferne find entweder ohne Stofs durchzuführen oder, wenn fie zu lang werden, vollftändig zu verlafchen.

---

120) Siehe die Konftruktion der Freiftützen im Alhambra-Theater zu London in: *Engng.*, Bd. 37, S. 539 u. ff.

121) Siehe die Konftruktion der Freiftützen im Packhofe zu Berlin in: Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 375.

Geteilte Stützen können, entſprechend der Abnahme der Laſt, von unten nach oben in den Geſchoſſen ſchrittweiſe verſchwächt werden.

Beiſpiele von Einzelausbildungen der Stützenköpfe werden im nächſten Bande, Heft 3 (Abt. III, Abſchn. 2, A, Kap. 1) dieſes »Handbuches« mitgeteilt werden.

Ausdrücklich gewarnt werden muſs vor dem weit verbreiteten Auflegen von Trägern auf die volle Kopffläche oder gar auf weitausladende Auskragungen an den Stützenköpfen, welches nahezu in allen Fällen Kantendrücke, alſo ſchiefe Belaſtungen der Stützen zur Folge hat. Wenn dieſer weit verbreitete Fehler nicht öfter Unfälle hervorruft als der Fall iſt, ſo liegt die Urſache in dem hohen Sicherheitsgrade, mit dem die Stützen ausgebildet werden, der dann aber durch das Begehen dieſes Fehlers ganz oder nahezu verloren geht. Da nun die hohe Sicherheit nicht dieſes Punktes wegen, ſondern zur Deckung einer ganzen Reihe anderer ungünſtiger, aber unvermeidlicher Umſtände gegeben wird, ſo iſt es höchſt bedenklich, ſich bei Einführung dieſer zwar einfachen, bequemen und billigen, aber fehlerhaften Art der Lagerung auf den rechnungsmäſsigen Sicherheitsgrad zu verlaſſen.

e) Fuſs der Freiſtützen.

Jede Freiſtütze bedarf eines Fuſses, welcher die Aufgabe hat, die hohe Preſſung in der Stütze durch Verbreiterung der Unterfläche auf die geringere zu ermäſsigen, welche auf Quader, Mauerwerk und Baugrund ausgeübt werden darf[122]). Im weiteſten Sinne beſteht daher der Fuſs bei ſchweren Freiſtützen aus der eiſernen Druckplatte, dem Grundquader und dem Fundamentmauerwerke, von welchen Teilen jedoch häufig einer — am häufigſten der Quader — fehlt. 298. Zweck und Ausbildung.

Der hier zu betrachtende Fuſs der Freiſtütze im engeren Sinne iſt die Druckplatte, welche die Preſſungsverteilung auf den Quader oder das Mauerwerk bewirkt. Ihre Ausbildung hängt weſentlich davon ab, ob lediglich lotrechte Kräfte wirken und zugleich die Freiſtütze verdrehbar aufgeſtellt ſein ſoll (Druckplatte), oder ob die Stütze gegen Biegung oder Ausweichen beim Zerknicken eingeſpannt ſein ſoll (Ankerplatte).

1) Füſse guſseiſerner Stützen.

α) Druckplatten.

Für leichte Guſsſtützen gieſst man dieſe mit der Stütze ſelbſt zuſammen, wobei jedoch die Endöffnungen hohler Stützen des Guſsverfahrens wegen frei bleiben. Querſchnitte nach Fig. 557 u. 558 erhalten quadratiſche, nach auſsen vorſpringende Platten; bei ſolchen nach Fig. 559 bis 562 verbindet man die einzelnen Teile des Querſchnittes durch eine nötigenfalls über dieſe noch vorſpringende Bodenplatte. 299. Angegoſſene Druckplatten.

Bezeichnet σ' die zuläſſige Preſſung auf die Unterſtützung (Quader oder Mauerwerk), ſo muſs die Plattengrundfläche

$$F = \frac{P}{\sigma'} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 201.$$

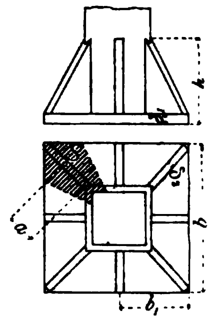
122) Wie aus Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte, aus der nächſten Abteilung des vorliegenden Bandes und aus dem darauf folgenden Bande dieſes »Handbuches« hervorgeht, beträgt die zuläſſige Preſſung im Mittel für Quader 20 bis 50 kg, für Klinkermauerwerk in Zement 15 kg, für Mauerwerk aus harten Backſteinen in verlängertem Zementmörtel 10 bis 12 kg für 1 qcm, für gewöhnliches Backſteinmauerwerk 7 bis 8 kg, für Bruchſteinmauerwerk 6 bis 7 kg, für Beton 5 bis 6 kg, auf den Baugrund 0,5 bis 4 kg für 1 qcm.

fein, oder bei quadratifcher Form die Plattenfeite b, wenn f der Querfchnitt der Stützenhöhlung ift,

$$b = \sqrt{\frac{P}{\sigma'} + f} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 202.$$

Zwifchen Stütze und Platte werden, um das Abbrechen der letzteren zu verhüten, Rippen eingefetzt, und zwar gewöhnlich 4 oder 8; nur ganz kleine Platten, etwa als Fufs der Querfchnitte von Fig 559, 561 u. 562 ausgebildet, entbehren folcher Rippen. Die Rippen werden fo bemeffen, dafs fie allein fchon das Abbrechen verhindern.

Fig. 581.



Zur Berechnung der Rippen beftimme man den Schwerpunkt S der durch eine Eckrippe zu unterftützenden Fläche (in Fig. 581 fchraffiert); bei n Rippen wirkt dann bezüglich der Rippenwurzel die Kraft $\frac{P}{n}$ am Hebelsarme a, und die Rippenabmeffungen folgen bei 250 kg zuläffiger Zugbeanfpruchung des Gufseifens alsdann aus

$$\delta_2 = 0{,}024 \, \frac{Pa}{nh^2} \quad \text{und} \quad h = 0{,}155 \sqrt{\frac{Pa}{n\,\delta_2}} \, , \quad . \quad . \quad 203.$$

worin δ_1 oder h den Verhältniffen entfprechend angenommen wird.

Die überall gleiche Plattendicke δ_1 folgt, wenn b_1 die gröfste Rippenentfernung und σ' die Preffung unter der Platte ift, aus

$$\delta_1 \geqq 0{,}043 \; b_1 \sqrt{\sigma'} \, ; \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 204.$$

jedoch ift δ_2 mindeftens 1,5 cm zu machen.

Beifpiel. Eine Kreisringftütze aus Gufseifen, welche unten mit angegoffenem Fufse ftumpf auffteht, oben ganz frei ift (Fall I, $C = 2{,}5$), hat bei ($l =$) 600 cm Höhe ($P =$) 20000 kg zu tragen, foll ($m =$) 8-fache Sicherheit und ($\delta =$) 1,8 cm Wandftärke haben. Bezeichnet d den gemittelten Ringdurchmeffer, fo ift nach Gleichung 189 (S. 212) für $F = d \delta \pi$ und $h = d$

$$d \cdot 1{,}8 \cdot 3{,}14 \, d^2 = \frac{8 \cdot 20000 \cdot 600^2}{2{,}5 \cdot 1000000 \cdot 0{,}125}, \quad \text{woraus} \quad d = 32 \text{ cm}.$$

Der äufsere Durchmeffer ift alfo $32 + 1{,}8 = 33{,}8$ cm, der innere $32 - 1{,}8 = 30{,}2$ cm.

Die Untermauerung befteht aus gutem Backfteinmauerwerke; dann ift $\sigma' = 8$ kg für 1 qcm. In Gleichung 202 ift $f = 30{,}2^2 \, \frac{3{,}14}{4} = 716$ qcm, alfo die Seite der quadratifchen Fufsplatte

$$b = \sqrt{\frac{20000}{8} + 716} = 55{,}9 = \backsim 56 \text{ cm}.$$

Bei $n = 8$ Rippen ift $b_1 = \frac{b}{2} = 28$ cm; folglich nach Gleichung 204: $\delta_1 = 0{,}043 \cdot 28 \sqrt{8} = 3{,}4$ cm.

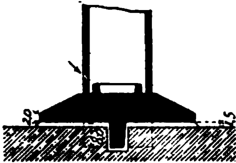
Die Rippen follen je $\delta_2 = 2{,}5$ cm ftark fein; dann folgt ihre Höhe nach Gleichung 203, nachdem a befonders zu 10,5 cm ermittelt ift, mit

$$h = 0{,}155 \sqrt{\frac{20000 \cdot 10{,}5}{8 \cdot 2{,}5}} = 16 \text{ cm}.$$

300. Gefonderte Druckplatten. Schwere Stützen nehmen durch angegoffene Füfse zu fchwierige Gufsformen an, und bei fchweifseifernen, bei denen die Ausbildung fchweifseiferner Druckplatten meift auf Schwierigkeiten ftöfst, ift das Angiefsen überhaupt unmöglich. Man kommt auf diefe Weife zu gefondert ausgebildeten Druckplatten, welche fur nicht allzu fchwere Laften maffiv mit 2 cm Randftärke, im Grundriffe meift genau oder annähernd quadratifch, ausgeführt werden, da diefe Grundform gewöhnlich fchon durch die der unterftützenden Steinkonftruktion bedingt ift. Die Stärke diefer

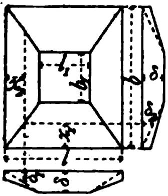
Platten wächſt vom Rande bis zur Auſsenkante der Stütze an; unter der Stütze bleibt ſie unveränderlich und wird nur durch einen der Hohlform der Stütze entſprechenden Wulſt erhöht, welcher Verſchiebungen der Stütze verhindert. Um die Stütze nach Verlegen der Platte noch genau einſtellen zu können, iſt dieſer Wulſt zu eng zu machen; der frei bleibende Zwiſchenraum wird nachträglich durch Bohrlöcher in der Stützenwandung mit Blei, Weiſsmetall oder Zement ausgegoſſen (Fig. 582). Für nicht hohle Stützenquerſchnitte erhält die Platte meiſt eine dem Stützenquerſchnitte entſprechende Nut, in welche die Stütze eingreift. Die Unterfläche der Stütze, ſowie die Standfläche auf der Platte werden abgehobelt, bezw. abgedreht; auch hier iſt eine Zwiſchenlage von Walzblei oder Kupfer zweckmäſsig.

Fig. 582.



Die Platte wird 1,5 cm hohl auf Eiſenkeilen verlegt, dann mit Zement vergoſſen und nach dem Erhärten des letzteren von den Keilen befreit. Es iſt jedoch nicht leicht, das Vergieſsen ſo durchzuführen, daſs keinerlei Hohlräume bleiben, deren Vorhandenſein die Preſſungsverteilung ungleichmäſsig macht. Daher zieht man neuerdings vielfach trockene Zwiſchenlagen von etwa 2 mm dickem Walzblei zwiſchen Platte und Quader oder Mauerwerk vor, die alle Unebenheiten mit Sicherheit ausgleichen. Selbſtverſtändlich müſſen die Druckflächen vorher gut zugerichtet ſein. Die gebräuchliche Befeſtigung der Platte durch Steinſchrauben nach unten iſt überflüſſig; will man ſich gegen zufällige Seitenverſchiebungen ſichern, ſo gebe man der Platte eine 5 bis 8 cm hohe Kreuzrippe nach unten, welche in eine entſprechende Nut der Unterlage greift und hier vergoſſen wird (Fig. 582). Das Vergieſsen wird hierdurch an ſich erſchwert, aber unvermeidlich, da die Rippen in ihren Nuten dicht ſchlieſsen müſſen, wenn ſie ihren Zweck erfüllen ſollen. Das Einlegen von Walzblei iſt alſo bei Anordnung von Rippen nicht möglich. Ein gutes Erſatzmittel für die Rippen beſteht darin, daſs man halbkreisförmige Kerben in die Plattenkanten gieſst und entſprechende kreisrunde Stahldollen mit feinem Beton vor dem Verlegen der Platten im Mauerwerke oder im Quader feſtſtampft. Dann kann auch wieder zu den Zwiſchenlagen aus Walzblei gegriffen werden.

Fig. 583.



Die notwendige Grundfläche der vollen Platte (Fig. 583) iſt

$$l\,b = F = \frac{P}{\sigma'}, \qquad \qquad 205.$$

die Seite der quadratiſchen Platte

$$b = \sqrt{\frac{P}{\sigma'}} \qquad \qquad 206.$$

Die Plattenſtärke iſt theoretiſch am Rande Null und iſt übrigens für die allgemeine Form der rechteckigen Platte, bei welcher Ober- und Unterfläche nicht ähnlich ſind, im Abſtande x_1, bezw. x_2 von den Kanten nach dem gröſseren Werte aus folgenden beiden Formeln zu bemeſſen:

$$\delta_1 = 0{,}1\,x_1 \sqrt{\frac{\sigma'}{3}\,\frac{3\,l - 2\,x_1\frac{l-l_1}{b-b_1}}{l - 2\,x_1\frac{l-l_1}{b-b_1}}} \text{ oder } \delta_2 = 0{,}1\,x_2 \sqrt{\frac{\sigma'}{3}\,\frac{3\,b - 2\,x_2\frac{b-b_1}{l-l^1}}{b - 2\,x_2\frac{b-b_1}{l-l_1}}} \qquad 207.$$

Für die gröfste Plattenftärke ift

$$x_1 = \frac{b - b_1}{2} \quad \text{und} \quad x_2 = \frac{l - l_1}{2}$$

einzufetzen; die Gleichungen lauten alsdann:

$$\left.\begin{aligned} \delta_{1\,max} &= 0{,}05\,(b - b_1)\sqrt{\frac{\sigma'}{3}\left(1 + 2\frac{l}{l_1}\right)}, \\ \delta_{2\,max} &= 0{,}05\,(l - l_1)\sqrt{\frac{\sigma'}{3}\left(1 + 2\frac{b}{b_1}\right)}. \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 208.$$

In der Regel ift hierin für x_1 und x_2 der Abftand von Plattenrand bis Stützenrand einzuführen; der gröfsere Wert giebt alsdann die gröfste Plattenftärke δ, welche geradlinig nach der Randftärke von 2 cm ausläuft. Grofse Platten kann man jedoch fo formen, dafs man von der Randftärke aus wagrechte Ebenen in die Kurven für δ_1, bezw. δ_2 einfchneiden läfst.

Schneiden die Gratlinien der Platten, wie meift der Fall, unter 45 Grad in die Ecken, fo ift $l - l_1 = b - b_1$, und die Gleichungen lauten alsdann:

$$\delta_1 = 0{,}1\,x_1\sqrt{\frac{\sigma'}{3}\,\frac{3l - 2x_1}{l - 2x_1}} \quad \text{und} \quad \delta_2 = 0{,}1\,x_2\sqrt{\frac{\sigma'}{3}\,\frac{3b - 2x_2}{b - 2x_2}} \quad \ldots \quad 209.$$

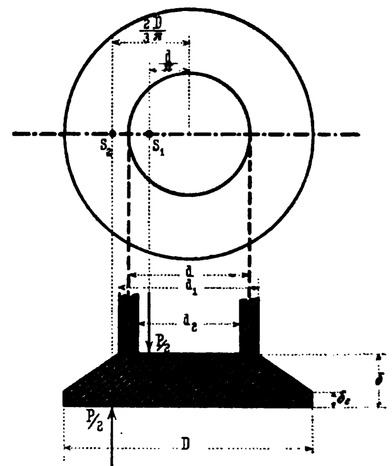
Ift fchliefslich die Platte quadratifch, alfo $l = b$ und $l_1 = b_1$, fo werden δ_1 und δ_2 gleich; alsdann genügt eine der Formeln 209.

301. Kreisrunde volle Grundplatten.

Nachdem die Mafse d, d_1 und d_2 für die Stütze aus der Laft P feftgeftellt find, wird zunächft mit Bezug auf Fig. 584 und die oben verwendeten Bezeichnungen

$$D = 1{,}13\sqrt{\frac{P}{\sigma'}} \quad \ldots\ldots \quad 210.$$

Fig. 584.



Bezeichnen ferner (Fig. 584) S_1 den Schwerpunkt der halben Kreislinie des Durchmeffers d und S_2 den der Halbkreisfläche des Durchmeffers D, fo ift das Moment, welches die Platte mitten zu durchbrechen fucht,

$$M = \frac{P}{2}\left(\frac{2D}{3\pi} - \frac{d}{\pi}\right), \quad \ldots \quad 211.$$

und bei der Zugfpannung σ_z im Gufseifen ift dann die Dicke δ der Grundplatte zu berechnen nach

$$\delta = 0{,}7984\sqrt{\frac{P}{\sigma_z}\,\frac{(2D - 3d)(2D + d_1)}{(D + d_1)^2 + 2Dd_1}}, \quad 212.$$

worin σ_z in der Regel = 250 kg für 1 qcm anzunehmen ift. δ_0 ift wieder fo zu wählen, dafs die Platte eben bequem zu giefsen ift, jedoch nicht kleiner als 1,5 cm.

Beifpiel. Eine Platte, welche als Seitenlängen der Stützfläche $b_1 = 20$ cm und $l_1 = 30$ cm, dabei wegen der Form des Mauerwerkes die ganze Breite $b = 50$ cm haben mufs, hat 28000 kg zu tragen und ruht auf Mauerwerk, welches mit $\sigma' = 8$ kg für 1 qcm belaftet werden darf.

Nach Gleichung 205 ift $F = \frac{28000}{8} = 3500$ qcm, alfo $l \cdot 50 = 35000$ und $l = 70$ cm. Nach Gleichung 208 wird die gröfste Plattenftärke

$$\delta_{1max} = 0{,}05\,(50 - 20)\sqrt{\frac{8}{3}\left(1 + \frac{2 \cdot 70}{30}\right)} = 5{,}835 \text{ cm} = \backsim 5{,}9 \text{ cm}$$

und

$$\delta_{2max} = 0{,}05\,(70 - 30)\sqrt{\frac{8}{3}\left(1 + \frac{2 \cdot 50}{20}\right)} = 8{,}0 \text{ cm}.$$

Letzteres ift auszuführen. Will man die Seitenflächen der Platten gekrümmt formen, fo ergiebt fich die Krümmung aus den gröfsten Werten der Gleichung 207, indem man die zufammengehörigen Werte von x_1 und x_2 einführt.

302. Gegliederte Druckplatten.

Für fchwere Freiftützen liefern diefe vollen Platten zu grofse Stärkenmafse; die Platten find alsdann behufs Metallerfparnis zu gliedern. Solche Platten kommen vorwiegend unter allfeitig-fymmetrifchen Stützenquerfchnitten vor (Fig. 557, 558, 559, 565, 570, 571, 572, 573, 575 u. 576); fie haben daher bei quadratifcher Grundform einen meift kreisförmigen oder quadratifchen Auffatz mit Verftärkungsrippen, find innen hohl, aber von oben zugänglich, um auch von der Mitte her vergoffen werden zu können.

Fig. 585.

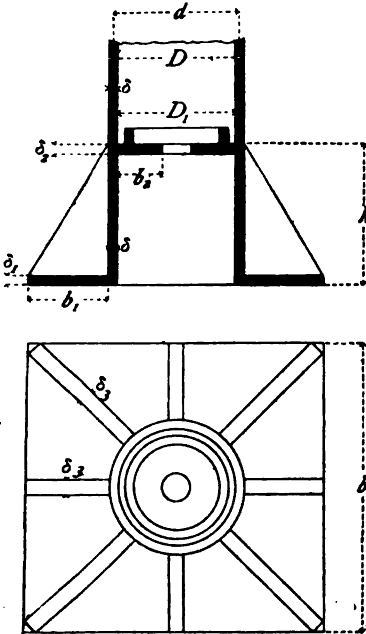


Fig. 585 zeigt eine derartige Platte für eine Freiftütze mit kreisringförmigem Querfchnitte; fie ift für andere um die Mitte fymmetrifch entwickelte Querfchnitte leicht umzuformen. Die Platte wird in der Quadratmitte von einem Moment M gebogen, deffen Kraft $\frac{P}{2}$ und deffen Hebelsarm dem Abftande des Schwerpunktes der halben Plattenfläche von dem des halben Kreisringes gleich ift; diefem Moment mufs fie in folcher Weife Widerftand leiften, dafs unten die für Gufseifen zuläffige Zugfpannung s_g nicht überfchritten wird. Der Gang der Feftlegung der einzelnen Abmeffungen ift folgender.

Zunächft ift, mit Bezug auf Fig. 585,

$$b = \sqrt{\frac{P}{\sigma'} + \frac{D_1^2 \pi}{4}} \quad \ldots\ldots \quad 213.$$

zu machen; alsdann folgt

$$b_1 = \frac{b - D_1 - 2\,\delta}{2} \quad \ldots\ldots \quad 214.$$

Wird nun die Anzahl der Rippen der Dicke δ_3 zu n angenommen, fo folgt die gröfste freitragende Weite l_2 der Plattenkante zwifchen zwei Rippen aus

$$l_2 = \frac{4\,b}{n}, \quad \ldots\ldots \quad 215.$$

wenn jedenfalls Rippen nach den vier Ecken laufen.

Weiter ift die Dicke δ_1 der unteren Platte zu beftimmen nach

$$\delta_1 = 0{,}0577\; l_2 \sqrt{\sigma'} \quad \ldots\ldots \quad 216.$$

Alsdann beftimme man das Biegungsmoment M, welches die Fufsmitten durchzubrechen ftrebt. Die Kraft diefes Moments ift $\frac{P}{2}$; der Hebel ergiebt fich, wenn man vom Abftande des Schwerpunktes der halben Unterfläche des Fufses von der Mitte den Abftand des Schwerpunktes der halben Mittellinie des Stützenquerfchnittes abzieht. In dem durch Fig. 585 dargeftellten Falle ift der erftere Abftand $\frac{b^3 - \frac{2}{3} D_1^3}{4\,b^2 - \pi D_1^2}$ und der letztere $\frac{d}{\pi}$. In diefem Falle ift das Biegungsmoment demnach

$$M = \frac{P}{2}\left(\frac{b^3 - \frac{2}{3} D_1^3}{4\,b^2 - \pi D_1^2} - \frac{d}{\pi}\right) \quad \ldots\ldots \quad 217.$$

Nun kann man zunächst für die Fufshöhe h Grenzen nach

$$h \gtrless \frac{b_1 \delta_1}{3 \delta}\left(1 \mp \sqrt{1 - \frac{15 \delta}{b_1}}\right) \quad \ldots \ldots \quad 218.$$

festlegen, worin δ in der Regel gleich der Dicke der Stützenwand, welche darüber steht, jedoch jedenfalls so anzunehmen ist, dafs

$$\delta < \frac{b_1}{15} \quad \ldots \ldots \quad 219.$$

bleibt. Einen ungefähren Mittelwert, nämlich das Mittel aus den beiden Grenzen der Gleichung für h, liefert

$$h_{mittel} = \frac{b_1 \delta_1}{3 \delta} \quad \ldots \ldots \quad 220.$$

Sind hiernach h und δ vorläufig festgelegt, so berechne man die Hilfsgröfsen

$$A = 2\, b_1\, \delta_1 \left(\frac{h}{5} - \frac{\delta_1}{2}\right) - \frac{3\, \delta\, h^2}{5} \quad \ldots \ldots \quad 221.$$

und

$$B = \frac{M h}{750} - \frac{26}{75}\, \delta\, h^3 - 2\, b_1\, \delta_1 \left(\frac{h}{5} - \frac{\delta_1}{2}\right)^2 - \frac{b_1\, \delta_1^3}{6} \quad \ldots \ldots \quad 222.$$

Mit Hilfe dieser berechne man alsdann b_2 und δ_2 nach

$$b_2 = \frac{A^3}{4\, B \left(\frac{4}{5}\, A\, h - B\right)} \quad \text{und} \quad \delta_2 = \frac{A^2}{2\, b_2\, B}, \quad \ldots \ldots \quad 223.$$

womit alle erforderlichen Einzelwerte bis auf die Rippendicke δ_3 gefunden sind. Diese kann nach dem Ausdrucke für δ_2 in Gleichung 203 (S. 230) zu Fig. 581 berechnet werden.

Die Gleichung 223 ist für eine nicht ganz zutreffende Wahl von h innerhalb der Grenzen nach Gleichung 218, bezw. 220 sehr empfindlich und liefert oft Werte für δ_2 und b_2, welche nicht ausführbar sind. Man bilde dann das Produkt $\delta_2\, b_2$, und wenn dieses eine für die obere Rippe angemessen erscheinende Flächengröfse liefert, so forme man es unter Beibehaltung der Produktgröfse zu bequemen Mafsen für δ_2 und b_2 um.

Giebt aber $\delta_2\, b_2$ eine unzweckmäfsige Flächengröfse, oder wird gar b_2 mit $\frac{4}{5}\, A\, h - B$ negativ, so war die gemachte Annahme von h zwischen dessen Grenzen unzweckmäfsig und mufs nach Mafsgabe der Erfahrungen an der ersten Rechnung für eine zweite berichtigt werden.

Beispiel. Für eine hohle Gufssäule von 850^{cm} Höhe ergiebt sich im Falle II (S. 205; $C = 10$) bei 8-facher Sicherheit für eine Last ($P =$) 95000^{kg} und 3^{cm} Wandstärke ein gemittelter Durchmesser $d = 29^{cm}$, also $D = 32^{cm}$ und $D_1 = 26^{cm}$. Steht der zugehörige Fufs auf gutem Backsteinmauerwerke, so ist $\sigma' = 8^{kg}$ für 1^{qcm}, also nach Gleichung 213 u. 214

$$b = \sqrt{\frac{95000}{8} + \frac{26^2 \cdot 3{,}14}{4}} = 112^{cm} \quad \text{und} \quad b_1 = \frac{112 - 26 - 2 \cdot 3}{2} = 40^{cm}.$$

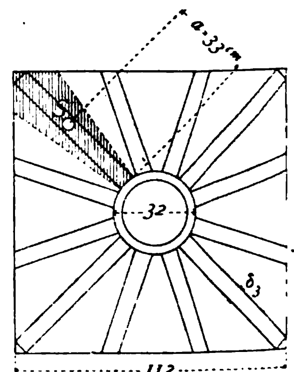
Damit wird aber der Bedingung $\delta < \frac{b_1}{15}$ nicht genügt; es soll daher δ im Fufse $= 2{,}5^{cm}$, folglich $D_1 = 32 - 5 = 27^{cm}$ und $d = 29{,}5^{cm}$ gemacht werden. Der Einflufs dieser Aenderung auf b kann vernachläfsigt werden. Werden nun nach Fig. 586: $n = 12$ Rippen angenommen, so ist $l_2 = \frac{4 \cdot 112}{12} = 37{,}3^{cm}$ und nach Gleichung 216: $\delta_1 = 0{,}0377 \sqrt{8} \cdot 37{,}3 = 6{,}087 = \backsim 6{,}0^{cm}$.

Weiter ist das Biegungsmoment nach Gleichung 217

$$M = \frac{95000}{2}\left(\frac{112^3 - \frac{2}{3}\, 27^3}{4 \cdot 112^2 - 3{,}14 \cdot 27^2} - \frac{29{,}5}{3{,}14}\right) = 817000^{cmkg}.$$

Nach Gleichung 220 ist ferner h_{mittel} zunächst mit $\frac{40 \cdot 6}{3 \cdot 2{,}5} = 32^{cm}$ anzunehmen. Die Proberechnung ergiebt hierfür jedoch einen negativen Wert für B, welcher zeigt, dafs h zu grofs angenommen wurde. Wird also $h = 31^{cm}$ eingeführt, so wird nach

Fig. 586.



Gleichung 221: $A = 2 \cdot 40 \cdot 6 \left(\frac{31}{5} - \frac{6}{2}\right) - \frac{3 \cdot 2{,}5 \cdot 31^2}{5} = 94{,}5;$

Gleichung 222: $B = \frac{817000 \cdot 31}{750} - \frac{26 \cdot 2{,}5 \cdot 31^2}{75} - 2 \cdot 40 \cdot 6 \left(\frac{31}{5} - \frac{6}{2}\right)^2 - \frac{40 \cdot 6^2}{6} = 1595;$

Gleichung 223: $b_2 = \frac{94{,}5^2}{4 \cdot 1595 \left(\frac{4}{5}\, 94{,}5 \cdot 31 - 1595\right)} = 0{,}1767 \text{ cm};$

Gleichung 223: $\delta_2 = \frac{94{,}5^2}{2 \cdot 0{,}1767 \cdot 1595} = 15{,}844 \text{ cm}.$

Diefe Mafse für δ_2 und b_2 erfcheinen für die Ausführung unzweckmäfsig; $b_2 \delta_2 = 0{,}1767 \cdot 15{,}844$ ift gleich $2{,}8$ qcm, und diefes Rechteck wird hergeftellt, indem $\delta_2 = 1{,}4$ cm und $b_2 = 2{,}0$ cm gemacht wird. An der Richtigkeit der Rechnung wird durch diefe Abänderung nichts Wefentliches geändert.

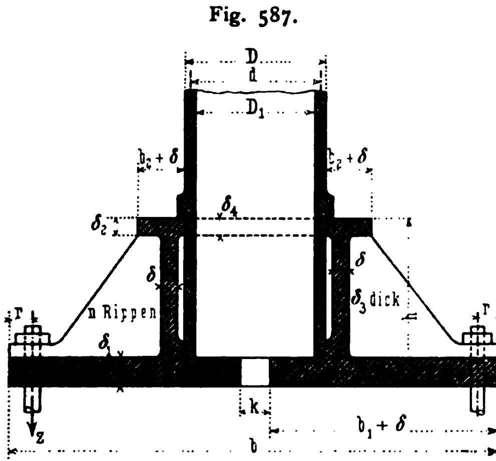
Schliefslich ift noch die Rippendicke δ_3 nach Gleichung 203 (S. 230) zu berechnen; es ergiebt fich

$$\delta_3 = 0{,}024 \frac{95000 \cdot 33}{12 \cdot 31^2} = 6{,}5 \text{ cm},$$

zu welcher Berechnung der Hebelsarm $a = 33$ cm (Fig. 581) für das Feld einer Eckrippe in Fig. 586 gefondert ermittelt ift.

Es ift nicht unbedingt erforderlich, den Auffatz des Stützenfufses nach unten in der ganzen Ausdehnung D_1 nach Fig. 585 u. 592 völlig offen zu laffen. Es genügt, wie in Fig. 587, eine kleine Ausfparung der Weite k zum Vergiefsen frei zu halten, namentlich wenn das Mafs b_2 klein ausfällt, man alfo von oben her an den Innenraum des Auffatzes herankommen kann. Diefe Mafsnahme geftattet eine Verkleinerung der Plattenbreite b, wodurch dann auch die Stützrippen kürzer und fchwächer werden.

Fig. 587.



Hierbei werden in vorftehender Berechnung die nachfolgenden Abänderungen nötig. b ift, ftatt nach Gleichung 213, zu beftimmen nach

$$b = \sqrt{\frac{P}{\sigma_1} + \frac{k^2 \pi}{4}}; \quad . \quad 224.$$

ferner b_1, ftatt nach Gleichung 214, aus

$$b_1 = \frac{b - k - 2\delta}{2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 225.$$

und das Biegungsmoment M, ftatt nach Gleichung 217, nach

$$M = \frac{P}{2}\left(\frac{b^3 - \frac{2}{3} k^3}{4 b^2 - \pi k^2} - \frac{d}{\pi}\right). \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 226.$$

Alles übrige bleibt, wie oben. Demnach ift kurz überall für D_1 die Ausfparungsweite k einzusetzen.

β) Ankerplatten.

Für fefte Einfpannung von Freiftützen werden Ankerplatten verwendet; 303. Gufseiferne Ankerplatten.
diefe bedürfen daher unter Umftänden der Verankerung nach unten (vergl. das in Art. 282, S. 202 über Fundamentanker Gefagte). Gufseiferne Stützen werden meiftens eingefpannt, wenn man dadurch den Widerftand gegen Zerknicken (Fall III u.

IV, S. 205) erhöhen will; breite, mit dem Fufse ftumpf aufgefetzte Stützen find jedoch bei Belaftung in der Schwerachfe auch ohne befondere Verankerung als unten unverdrehbar befeftigt anzufehen. Wirken aus fchiefer Belaftung entftehende erhebliche Momente auf die Stütze, fo wird man meiftens zu fchweifseifernen Konftruktionen übergehen.

Im allgemeinen empfiehlt es fich, die Fufsplatten für gufseiferne Stützen fo grofs zu wählen, dafs fie auf der mindeft belafteten Seite noch einen Gegendruck oder höchftens an der meift entlafteten Kante die Spannung 0 erleiden [123]); dann ift keinesfalls eine Verankerung nötig. Sehr häufig kann man jedoch bei fo bemeffener Plattengröfse die zuläffige Preffung auf der Unterlage σ_1 an der meift belafteten Kante nicht ausnutzen. Will man letzteres erreichen, fo mufs man die Platte kleiner machen; fie klafft dann an der mindeft belafteten Kante auf und mufs verankert werden.

Sollte jedoch die Preffung unter der meift belafteten Kante bei der die Verankerung eben überflüffig machenden Plattengröfse den zuläffigen Wert σ_1 fchon überfchreiten, fo mufs die Platte noch weiter vergröfsert werden und bedarf dann um fo weniger einer Verankerung.

Fig. 588.

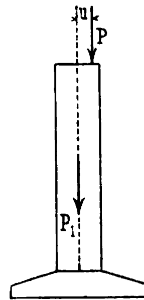


Fig. 589.

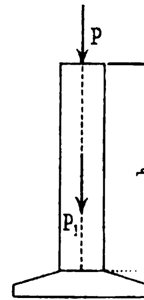
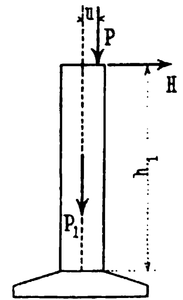


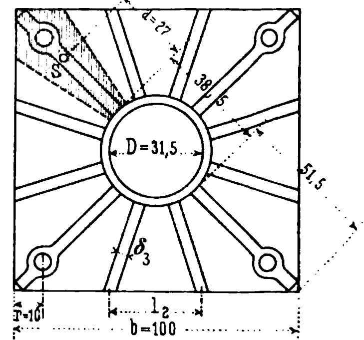
Fig. 590.



Nachdem die Behandlung der durch aufserhalb der Schwerachfe belafteten, fowie der durch Laft und wagrechte Kraft belafteten Stützen in Art. 284 u. 285 (S. 213 bis 215, Gleichungen 195 bis 199) vorgeführt ift, laffen wir hier die ausführliche Berechnung der Ankerplatten folgen, welche fich in vielen Teilen auf die Berechnung der Füfse von in der Schwerachfe belafteten Stützen (fiehe Art. 302, S. 233, fowie die Gleichungen 213 bis 223) ftützt.

P ift die lotrechte, in der Schwerachfe der Stütze wirkend gedachte Laft und P_1 das Eigengewicht der Stütze; M bezeichnet das auf die Stütze wirkende Moment der äufseren Kräfte, welches im Falle von Fig. 588 gleich Pu, im Falle von Fig. 589 gleich Mh_1 und im Falle von Fig. 590 gleich $Pu + Hh_1$ zu fetzen und nach diefen Ausdrücken endgültig zu berechnen ift. $P + P_1$ mag noch gleich P_2 gefetzt werden.

Fig. 591.



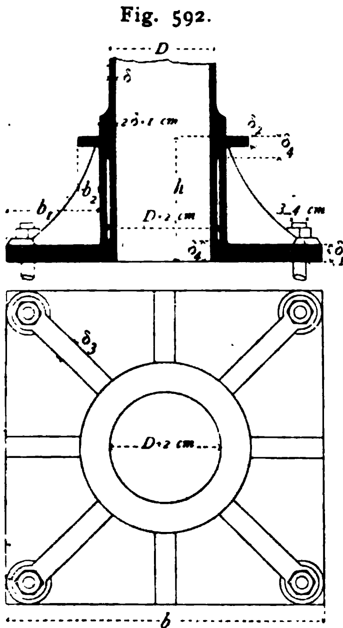
Die Berechnung foll, den gewöhnlichen Ausführungsformen entfprechend, für eine im Grundriffe quadratifche Platte der Seitenlänge b durchgeführt werden, welche zum Zwecke des Vergiefsens in der Mitte eine Oeffnung von fo geringer Ausdehnung k hat, dafs fie für die Preffungsverteilung vernachläffigt werden kann. Uebrigens ift die für Kreisring- und quadratifche, aber auch für viele anders geftaltete Formen von gufseifernen Stützen übliche Form

123) Siehe: Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte diefes »Handbuches«, Gleichung 51, S. 273.

der Ankerplatte in Fig. 587 u. 591 dargeftellt; diefe foll der Berechnung zu Grunde gelegt werden. Die gemittelte Stützenbreite ift hier d genannt, während fie in Art. 284 u. 285 (S. 213 bis 215, Gleichung 195 bis 199) h hiefs. Die Berechnungsgrundlagen werden gleichzeitig für kreisrunde und quadratifche Stützen, nötigenfalls für beide getrennt angegeben.

Uebrigens kann auch der fchief belaftete Ankerfufs nach Fig. 592 nach unten ebenfo ganz offen ausgeführt werden, wie der gerade belaftete nach Fig. 585 (S. 233). In der Berechnung treten dann ähnliche Veränderungen ein, wie fie auf S. 235 in den Gleichungen 224 bis 226 zu den Gleichungen 213, 214 u. 217 angegeben find. Doch bilden die Ankerfüfse nach Fig. 587 fo fehr die Regel, dafs auf diefe Veränderungen hier nicht näher eingegangen wird.

Fig. 592.



Die Grenzbreite der Platte, bei der eben noch keine Verankerung erforderlich ift, beträgt

$$b = \frac{6\,M}{P_2}, \quad \ldots \ldots \quad 227.$$

und die gröfste bei diefer Breite auftretende Preffung unter der Platte ift:

$$\sigma = \frac{P^3}{18\,M^2}. \quad \ldots \ldots \quad 228.$$

Nun find die beiden Fälle zu unterfcheiden, dafs das fo ermittelte σ gröfser oder kleiner ift als σ_1, nämlich als die für die Unterftützung der Platte zuläffige Druckfpannung.

α) σ (Gleichung 228) wird gröfser als die zuläffige Preffung σ_1. Alsdann mufs die Platte behufs Ermäfsigung der Druckfpannung vergröfsert werden; Verankerung ift nicht nötig. Die erforderliche Plattenbreite b folgt aus

$$b^3 - b\,\frac{P_2}{\sigma_1} = \frac{6\,M}{\sigma_1} \quad \ldots \ldots \quad 229.$$

Diefe Gleichung ift durch verfuchsweifes Einfetzen mehrerer Werte von b zu löfen. Die fchwächfte Preffung an der entlafteten Kante ift dann

$$\sigma_2 = \frac{1}{b^2}\left(P_2 - \frac{6\,M}{b}\right). \quad \ldots \ldots \quad 230.$$

Das Moment, welches die Preffungen unter der Platte im Mittelquerfchnitte der ganzen Platte erzeugen, ift

$$M_\sigma = \frac{b}{8}\left(P_2 + \frac{4\,M}{b}\right). \quad \ldots \ldots \quad 231.$$

Weiter beftimme man nun unter Annahme eines zweckmäfsigen Wertes für k die Breite b_1 aus

$$b_1 = \frac{b - k - 2\,\delta}{2}. \quad \ldots \ldots \quad 232.$$

Bei n Stützrippen des Plattenauffatzes folgt die Traglänge l_2 des unteren Plattenteiles zwifchen zwei Rippen l nach Gleichung 215 und dann die Dicke δ_1 des unteren Plattenteiles für diefen Fall nach

$$\delta_1 = 0{,}0447\; l_2 \sqrt{\sigma_1}\,; \quad \ldots \ldots \quad 233.$$

ferner prüfe man, ob das angenommene $\delta < \frac{b_1}{15}$ ift, was der Fall fein mufs; es

ist jedoch zweckmäfsig, δ nur wenig kleiner zu machen als $\frac{b_1}{15}$, und nun berechne man h_{mittel} aus Gleichung 220, wobei man das Rechnungsergebnis für h um $1{,}0$ bis $1{,}5$ cm nach unten abrundet.

Wird nun zwischen Stütze und Plattenrand der Laibungsdruck s_d zugelassen, so berechne man die Höhe δ_4, in der die Stütze im Plattenrande anliegen mufs, nach

$$\delta_4 = \frac{h - \delta_1}{2}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{4M}{D s_d (h - \delta_1)^2}}\right), \quad \ldots \quad 234.$$

welcher Wert meist so klein ausfällt, dafs man ihn der Rechnung gegenüber zu grofs ausführen mufs.

Weiter bestimme man das den Mittelschnitt der Platte zerbrechende Moment M_1 nach

$$\left.\begin{aligned} M_1 &= M_\sigma - \frac{P_2 d}{2\pi} - \delta_4 D s_d \left(\frac{4h}{5} - \frac{\delta_4}{2}\right) \text{ für Kreisringstützen} \\ M_1 &= M_\sigma - \frac{3}{16} P_2 d - \delta_4 D s_d \left(\frac{4h}{5} - \frac{\delta_4}{2}\right) \text{ für quadratische Stützen} \end{aligned}\right\} \quad 235.$$

und dann die Gröfsen A nach Gleichung 221, B nach Gleichung 222, b_2 nach Gleichung 223 und δ_2 nach Gleichung 223. In der Regel wird man dann δ_4 mit der Gröfse ausführen, die sich für δ_2 ergiebt; doch ist auch eine anderweitige Bemessung möglich, wie Fig. 592 zeigt.

Schliefslich ist die Dicke der n Stützrippen unter Bezugnahme auf die Erklärung der einzelnen Gröfsen in Fig. 586 u. 591 nach

$$\delta_3 = 0{,}012 \frac{\sigma_1 f a}{h^2} \quad \ldots \quad 236.$$

zu ermitteln, in der f die in Fig. 586 u. 591 überstrichelte Fläche und a den Abstand des Schwerpunktes S dieser Fläche vom Plattenaufsatze bedeutet.

β) σ (Gleichung 228) gleich oder gröfser als die zulässige Pressung σ_1. In diesem Falle kann die Platte gegen das Ergebnis der die Grenze der Notwendigkeit der Verankerung angebenden Gleichung 227 verkleinert, mufs dann aber verankert werden. Letzteres geschieht in der Regel nach Fig. 591 an den Enden der Eckrippen im Abstande r von der Plattenkante; es steht aber bei grofsen Platten auch nichts im Wege, am Ende jeder Rippe einen Anker anzubringen. Im folgenden werden sämtliche entlang der aufklaffenden Plattenkante angebrachten Anker zu der Gesamtankerwirkung Z im Abstande r von der Kante vereinigt gedacht (Fig. 587).

Zunächst ist hier die Plattenbreite b zu bestimmen aus

$$b^3 - b^2 . 2r - b\left(\frac{3P_2}{2\sigma_1} - r^2\right) = \frac{3}{\sigma_1}(M - Pr) \quad \ldots \quad 237.$$

Ist b hiernach bestimmt, so folgt der Gesamtankerzug Z aus

$$Z = \frac{\sigma_1 (b - r) b}{2} - P \quad \ldots \quad 238.$$

Das Moment der Pressung unter der Platte in Bezug auf den Mittelschnitt beträgt

$$M_\sigma = \frac{b^3 \sigma_1}{48} \frac{5b - 6r}{b - r} \quad \ldots \quad 239.$$

Werden nun weiter b_1 nach Gleichung 232, l_2 nach Gleichung 215, δ_1 nach Gleichung 233, δ nach $\delta < \frac{b_1}{15}$ und h_{mittel} nach Gleichung 220 unter Abrundung um $1{,}0$ bis $1{,}5$ cm nach unten auf den Wert h und δ_4 nach Gleichung 234 bestimmt, so ist das die Platte mitten zerbrechende Moment

$$\left.\begin{array}{l} M_1 = M_\sigma - \frac{P_2 d}{2\pi} - \delta_4 D s_d \left(\frac{4h}{5} - \frac{\delta_4}{2}\right) \text{ für Kreisringſtützen} \\ M_1 = M_\sigma - \frac{3}{16} P_2 d - \delta_4 D s_d \left(\frac{4h}{5} - \frac{\delta_4}{2}\right) \text{ für quadratiſche Kaſtenſtützen,} \end{array}\right\} \quad 240.$$

nach deſſen Feſtſetzung A aus Gleichung 221, B aus Gleichung 222, b_2 aus Gleichung 223 und δ_2 aus Gleichung 223 zu beſtimmen ſind. δ_3 folgt dann mit Bezug auf Fig. 586 u. 591 wieder aus Gleichung 236.

Beiſpiel. Zu der im Beiſpiele zu Art. 285 (S. 215) berechneten, von der wagrechten Kraft $H = 700$ kg gebogenen, $h_1 = 600$ cm hohen Gufsſtütze, für die ſich (mit Bezug auf Fig. 587) $d = 30$ cm, $D = 31{,}5$ cm und $D_1 = 28{,}5$ cm ergeben hatte, ſoll nun der Ankerfuſs unter den Annahmen berechnet werden, daſs die zuläſſige Preſſung unter der Platte $\sigma_1 = 12$ kg für 1 qcm, der Abſtand der Anker von der Kante $r = 10$ cm und die Mittelausſparung $k = 9$ cm beträgt. Die Wandſtärke δ des Plattenaufſatzes (Fig. 587 u. 592) wird zunächſt mit $\delta = 2{,}5$ cm eingeführt.

Die ganze Laſt P_2 iſt, wie früher angegeben, 20 000 kg und das Moment $M = 700 \cdot 600 = 420\,000$ cmkg. Sollte keine Verankerung nötig ſein, ſo müſste die Plattenbreite b nach Gleichung 227 betragen

$$b = \frac{6 \cdot 420\,000}{20\,000} = 126 \text{ cm},$$

und die gröſste Preſſung wäre dann nach Gleichung 228

$$\sigma = \frac{20\,000^3}{18 \cdot 420\,000^2} = 2{,}52 \text{ kg für 1 qcm}.$$

Dies iſt gegenüber der zuläſſigen Preſſung $\sigma_1 = 12$ kg für 1 qcm zu gering; die Platte muſs kleiner gemacht und daher verankert werden.

Die Plattenbreite folgt für die Bedingung $\sigma < \sigma_1$ aus Gleichung 237

$$b^3 - b^2 \cdot 2 \cdot 10 - b\left(\frac{3 \cdot 20\,000}{2 \cdot 12} - 10^2\right) = \frac{3}{12}(420\,000 - 20\,000 \cdot 10),$$

welche, wie leicht zu erkennen iſt, die Löſung $b = 100$ cm ergiebt. Demnach wird nach Gleichung 238 der Ankerzug $Z = \frac{12\,(100 - 10) \cdot 100}{2} - 20\,000 = 38\,000$ kg.

Werden vier Anker nach Fig. 591 in den Ecken angebracht, ſo iſt jeder für $\frac{38\,000}{2} = 19\,000$ kg, bei 1000 kg für 1 qcm Spannung, alſo mit 19 qcm Querſchnitt auszubilden. Dem entſpricht der innere Gewindedurchmeſſer

$$d' = \sqrt{\frac{4 \cdot 19}{\pi}} = 4{,}9 \text{ cm};$$

alſo ſind die Verhältniſſe der Schraube Nr. 18 der *Witworth*-Skala (S. 163) für die Anker zu verwenden. Kleinere Anker können benutzt werden, wenn z. B. zwölf ſtatt vier eingeſetzt werden. Entlang einer Kante ſitzen dann vier Anker; ſomit iſt jeder für $\frac{38\,000}{4} = 9500$ kg mit $9{,}5$ qcm Querſchnitt und

$$a' = \sqrt{\frac{9{,}5 \cdot 4}{\pi}} = 3{,}48 \text{ cm}$$

Kerndurchmeſſer oder mit den Verhältniſſen der *Witworth*-Schraube Nr. 14 auszubilden.

Nach Gleichung 239 iſt weiter

$$M_\sigma = \frac{100^3 \cdot 12}{48} \, \frac{5 \cdot 100 - 6 \cdot 10}{100 - 10} = 1\,225\,000 \text{ cmkg}.$$

b_1 folgt aus Gleichung 232: $b_1 = \frac{100 - 9 - 2 \cdot 2{,}5}{2} = 43$ cm, l_2 für $n = 12$ Rippen nach Gleichung 215: $l_2 = \frac{4 \cdot 100}{12} = 33{,}3$ cm und ſomit d_1 nach Gleichung 233 gleich $0{,}0447 \cdot 33{,}3 \cdot \sqrt{12} = 5{,}1$ cm. δ iſt mit $2{,}5$ cm in der That kleiner als $\frac{b_1}{15} = \frac{43}{15} = 2{,}87$ cm, wie Gleichung 219 verlangt. Aus Gleichung 220 folgt nun $h_{mittel} = \frac{43 \cdot 5{,}1}{3 \cdot 2{,}5} = 29{,}2$ cm, alſo h vorläufig gleich 29 cm mit dem Vorbehalte, es noch etwas kleiner zu wählen, wenn ſich weiter unzweckmäſsige Maſse ergeben ſollten. Wird nun weiter der Laibungsdruck $s_d = 700$ kg für 1 qcm geſetzt, ſo folgt aus Gleichung 234:

$$\delta_4 = \frac{29 - 5{,}1}{2}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 420\,000}{31{,}5 \cdot 700\,(29 - 5{,}1)^2}}\right) = 0{,}84 \text{ cm};$$

diefes Mafs wird vorausfichtlich gröfser auszuführen fein. Das Bruchmoment ift nach Gleichung 240:

$$M_1 = 1225000 - \frac{20000 \cdot 30}{2 \cdot \pi} - 0{,}84 \cdot 700 \cdot 31{,}5 \left(\frac{4 \cdot 29}{5} - \frac{0{,}84}{2}\right) = 708300^{\text{cmkg}};$$

folglich nach Gleichung 221:

$$A = 2 \cdot 43 \cdot 5{,}1 \left(\frac{29}{5} - \frac{5{,}1}{2}\right) - \frac{3 \cdot 2{,}5 \cdot 29^2}{5} = 1425 - 1260 = 165$$

und nach Gleichung 222:

$$B = \frac{708300 \cdot 29}{750} - \frac{26}{75} 2{,}5 \cdot 29^3 - 2 \cdot 43 \cdot 5{,}1 \left(\frac{29}{5} - \frac{5{,}1}{2}\right)^2 - \frac{43 \cdot 5{,}1^3}{6} = 680.$$

Mit diefen Werten wird nach Gleichung 223:

$$b_2 = \frac{165^3}{4 \cdot 680 \left(\frac{4}{5} 165 \cdot 29 - 680\right)} = 0{,}522^{\text{cm}}$$

und nach Gleichung 223:

$$\delta_2 = \frac{165^2}{2 \cdot 0{,}522 \cdot 680} = 38^{\text{cm}}.$$

Diefe letzten Werte find unbequem. $b_2 \delta_2 = 38 \cdot 0{,}522 = 20^{\text{qcm}}$. Wird nun $\delta_2 = \delta_4 = 2{,}5^{\text{cm}}$ gemacht, fo mufs $b_2 = \frac{20}{2{,}5} = 8^{\text{cm}}$ fein; der obere Rand des Plattenauffatzes wird alfo $b_2 + \delta = 8 + 2{,}5 = 10{,}5^{\text{cm}}$ breit und $2{,}5^{\text{cm}}$ dick.

Für Gleichung 236 ift nach Fig. 591

$$f = \frac{100 \cdot 100 - \frac{38{,}5^2 \cdot \pi}{4}}{12} = 736^{\text{qcm}}$$

und der Schwerpunktsabftand nach zeichnerifcher Ermittelung $a = 27^{\text{cm}}$; alfo wird nach Gleichung 236

$$\delta_3 = 0{,}012 \frac{12 \cdot 736 \cdot 27}{29^2} = 3{,}4^{\text{cm}}.$$

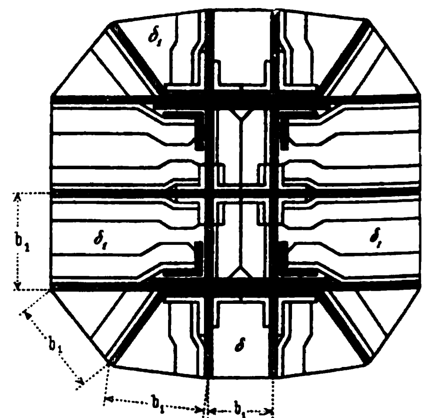
Da das Stützenende fcharf in den Fufsauffatz paffen mufs, fo empfiehlt es fich, die Berührungsflächen δ_4 in Fig. 587 u. 592 genau abzudrehen.

2) Füfse fchweifseiferner Stützen.

304. Anwendung.

Schweifseiferne Stützen werden jetzt wegen der einfacheren Knotenbildungen und der höheren Tragfähigkeit regelmäfsig da verwendet, wo die Stützen fchwere Decken in mehreren Gefchoffen zu tragen haben, wie in Lagerhäufern; auch dann, wenn die Laft in der Schwerachfe angreift. Befonders gebräuchlich ift die fchweifseiferne Stütze auch, wenn aus fchiefer oder fchräger Belaftung erhebliche Biegungsmomente wirken, da letztere durch gufseiferne Stützen namentlich in deren Füfsen, wie die obigen Berechnungen in Art. 303 zeigen, nur mit vergleichsweife grofsem Aufwande aufgenommen werden können.

Fig. 593.



305. Belaftung in der Schwerachfe.

Bei Belaftung in der Schwerachfe befeftigt man die Grundplatte, deren Grundfläche nach Gleichung 201 oder 205 zu berechnen ift, unmittelbar am unteren Stützenende, indem man zwifchen die Ebenen — Platten, Schenkel, Stege — des Stützenquerfchnittes und die Grundplatte Stehbleche als Rippen einfügt, welche die Grundplatte gegen die Stütze abzufteifen haben und daher von ihrem Rande nach den Stützenteilen hin dreieckig verlaufen. Diefe Stehbleche werden mit der Stütze, wenn möglich, unmittelbar vernietet oder durch Winkeleifen verbunden, und an die Grundplatte

mittels Winkeleiſen angeſchloſſen. Ein ſolches Beiſpiel zeigt Fig. 593 für einen ſchweren Stützenquerſchnitt.

Hier ſind 14 Abſteifungen der Grundplatte, für welche der Anſchluſs an die ſchwarz gekennzeichneten Stützenteile bequem zu gewinnen war, in der ſchraffierten Anordnung ſo geſtellt, daſs die entſtehenden Randlängen b_1 der Platte thunlichſt ringsum gleich ſind.

Die Dicke der Platte iſt nach

$$\delta_1 = 0{,}0218\, b_1 \sqrt{\sigma_1} \qquad \text{241.}$$

zu beſtimmen.

Für den Anſchluſs der Eckausſteifungsbleche iſt der Druck zu ermitteln, welcher auf die zu jedem gehörige Grundfläche kommt; für ſein Moment und ſeine

Fig. 594.

Fig. 595.

Fig. 596.

Abſcherungswirkung bezüglich der Befeſtigungsſtelle an der Stütze iſt dann die Vernietung mit der Stütze durchzuführen, und die Höhe der Stehbleche iſt ſo zu bemeſſen, daſs die erforderliche Anzahl der Anſchluſsniete darin untergebracht werden kann.

Uebrigens laſſen ſich dieſe Füſse ſchweiſseiſerner Stützen nicht mit gleicher Allgemeinheit behandeln, wie diejenigen der guſseiſernen, weil die vorkommenden Stützenformen eine viel gröſsere Verſchiedenheit aufweiſen und man auch die Grundform der Fuſsplatte den Verſchiedenheiten der Einzelfälle mehr anpaſſen wird, als bei Guſsſtützen.

Bei groſsen Flächen der Grundplatte iſt das Anbringen von über die Fläche gleichförmig verteilten Bohrlöchern zum Vergieſsen der Platte mit dünnem Zement zu empfehlen.

306. Schräge und exzentriſche Belaſtung.

Bei Belaſtung durch wagrechte Kräfte oder bei ſo ſchiefem (exzentriſchem) Angriffe der lotrechten Laſt, daſs $u > \xi$ wird[124]), muſs die ſchweiſseiſerne Stütze einen vollſtändig verankerten, dreieckig ausladenden Fuſs erhalten. Ein Beiſpiel ſolcher Verankerung iſt in Fig. 553 bis 555 (S. 203) dargeſtellt.

Die Freiſtütze iſt in den durch Fig. 594 bis 596 veranſchaulichten drei Fällen auf den Druck V und das Biegungsmoment Hh_1 bei wagrechter, bezw. Vu bei ſchiefer Belaſtung, dann auch bei der hier meiſt notwendigen, vorwiegend in der

[124]) Siehe: Gleichung 51 auf S. 273 in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieſes »Handbuches«.

Ebene des Moments fteifen Ausbildung des Querfchnittes auf Zerknicken unter V nach der fchwächften Seite des Querfchnittes zu berechnen.

Weiter ift, wenn Zug mit + bezeichnet wird:

nach:	Z	D	Z_1	D_1	H_1	H_2
Fig. 594	$+\frac{Hh}{b}-\frac{V}{2}$	$-\left(\frac{Hh}{b}+\frac{V}{2}\right)$	$Z\frac{1}{\sin\alpha}$	$D\frac{1}{\sin\alpha}$	$Z\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha}$	$D\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha}$
Fig. 595	$+\frac{Hh}{b}-V$	$-\frac{Hh}{b}$	—	$D\frac{1}{\sin\alpha}$	—	$D\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha}$
Fig. 596	$+\frac{Hh}{b}$	$-\left(\frac{Hh}{b}+\frac{V}{2}\right)$	$Z\frac{1}{\sin\alpha}$	—	$Z\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha}$	—

Statt Hh ift bei um u fchiefem Angriffe von V überall Vu einzuführen. Tritt die wagrechte Kraft H gleichzeitig mit um u fchiefem Laftangriffe auf, fo wird ftatt Hh überall $Hh + Vu$ eingefetzt.

Nach Ermittelung diefer Kräfte find die einzelnen Teile der Lager nach den in Art. 278 bis 282 (S. 198 bis 204) und oben (unter e, 1 u. 2) für Druckplatten und in Kap. 7 (unter c) für Lagerplatten gegebenen Regeln auszubilden.

307. Schräge Stützen.

Schräge Stellung der Stützen erzielt man in den feltenen Fällen, in denen fie gefordert wird, durch Anwendung gegliedeter Druck- oder Ankerplatten, indem man die Plattenauffätze mit der Grundplatte den verlangten Winkel bilden läfst.

In folchen Fällen werden die in die Unterftützung eingreifenden unteren Kreuzrippen oder das Feftlegen durch Randdollen befonders wichtig, weil fie die wagrechte Seitenkraft des fchrägen Stützendruckes auf die unterftützenden Teile zu übertragen haben, wenn nicht das unterftützende Mauerwerk felbft fchräg, d. h. winkelrecht zur Stützenachfe, geftellt ift. In diefem Falle werden die Grundplatten ganz regelmäfsig und bedürfen der unteren Kreuzrippe nicht. Die Anlage des unterftützenden Mauerwerkes oder Quaders rechtwinkelig zur Stützenachfe ift derjenigen eines fchief entwickelten Fufses ftets vorzuziehen.

---

7. Kapitel.

Träger.

308. Vorbemerkungen.

Die im Hochbauwefen vorkommenden Träger werden aus Gufseifen oder aus Schweifseifen hergeftellt. Vor Ausbildung des Walzverfahrens wurden gufseiferne Träger fehr häufig verwendet; gegenwärtig find letztere von den fchweifseifernen faft ganz verdrängt.

Für die Ermittelung der Spannungen in den fog. Balkenträgern, welche hier allein in Frage kommen, aus den Momenten und Querkräften mufs auf Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte diefes »Handbuches« verwiefen werden. In Abt. II, Abfchn. 2, Kap. 2 [125]) wurde dort zunächft (Art. 355 bis 357, S. 315 bis 317 [126]) Allgemeines

125) 2. u. 3. Aufl.: Abt. II, Abfchn. 3, Kap. 2.

126) 2. Aufl.: Art. 146 bis 148 (S. 124 bis 126); 3. Aufl.: Art. 148 bis 150 (S. 139 bis 142).

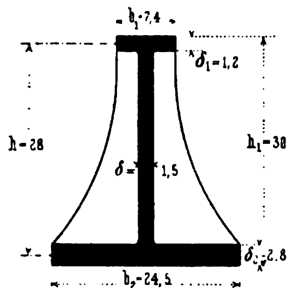
über äufsere Kräfte und Einteilung der Träger überhaupt und alsdann (Art. 358 bis 372, S. 317 bis 338 [127]) über die Beftimmung der Momente und Querkräfte für die verfchiedenen Arten von Balkenträgern vorgeführt. Für ungegliederte Träger find die Ermittelung der Spannungen und die daraus fich ergebenden Querfchnitts-beftimmungen nach Art. 295 bis 331 (S. 257 bis 293 [128]) vorzunehmen; für gegliederte oder Gitterträger find die Unterfuchungen in Art. 373 bis 407 (S. 338 bis 374 [129]) mafsgebend.

a) Gufseiferne Träger.

309. Form und Berechnung.

Träger aus Gufseifen erhalten felten einen anderen Querfchnitt, als den I-förmigen; doch mufs der I-Querfchnitt wegen der ungleichmäfsigen Widerftands-fähigkeit gegen Zug und Druck nach Mafsgabe des in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte diefes »Handbuches« (Art. 302, 263 [130]) Gefagten unfymmetrifch ausgebildet werden.

Fig. 597.



Diefe Träger dürfen nur unter ruhender Laft verwendet werden, da fie Erfchütterungen und Stöfse auch in geringem Mafse nicht vertragen.

Im Gegenfatze zu den fchweifseifernen Trägern macht das Anpaffen des Trägers an die angreifenden Momente durch entfprechende Veränderung des Querfchnittes nicht die geringfte Schwierigkeit und follte daher ftets ausgeführt werden.

Unter Beibehaltung der an oben angeführter Stelle gemachten Annahmen und mit Bezug auf die in Fig. 597 eingefchriebenen Bezeichnungen laffen fich zwifchen Spannung, Querfchnittsabmeffungen und Angriffsmoment M, wenn letzteres in der lotrechten Trägerachfe wirkt, die Näherungsgleichungen für die Gurtungsquerfchnitte aufftellen:

$$f_2 = \frac{5\,M}{4\,h\,s_z} + \frac{\delta\,h}{6} \quad \text{und} \quad f_1 = \frac{f_2}{3} - \frac{\delta\,h}{3}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 242.$$

oder wenn etwa aus äufseren Gründen f_2 angenommen werden mufs:

$$h = \frac{3}{\delta}\left(f_2 - \sqrt{f_2 - \frac{5\,M\,\delta}{6\,s_z}}\right) \quad \text{und} \quad f_1 = \frac{f_2}{3} - \frac{\delta\,h}{3}, \quad . \quad . \quad . \quad 243.$$

worin s_z die zuläffige Zugfpannung, f_1 den Querfchnitt der oberen Gurtung und f_2 den Querfchnitt der unteren Gurtung bedeutet. Für δ ift ein bequemes Gufsmafs, nicht unter 1,2 cm, anzunehmen.

Es empfiehlt fich, die Flanfche folcher gufseiferner Träger etwa in Abftänden gleich der dreifachen Trägerhöhe, namentlich aber in den Angriffspunkten von Einzellaften und über den Auflagern, durch lotrechte Rippen gegen den Steg abzufteifen (Fig. 597).

Der rechteckige Kaftenquerfchnitt ift weniger gut als der I-förmige, weil man

[127]) 2. Aufl.: Art. 149 bis 163 (S. 126 bis 145): 3. Aufl.: Art. 151 bis 164 (S. 142 bis 165).
[128]) 2. Aufl.: Art. 85 bis 108 (S. 59 bis 83); 3. Aufl.: Art. 94 bis 124 (S. 70 bis 109).
[129]) 2. Aufl.: Art. 165 bis 200 (S. 147 bis 183); 3. Aufl.: Art. 179 bis 202 (S. 177 bis 203).
[130]) 2. Aufl.: Art. 92 (S. 66); 3. Aufl.: Art. 99 (S. 78).

in der Abmeffung der Gurtungsquerfchnitte dabei weniger frei ift und die Schwierigkeiten des Guffes wefentlich gröfsere find.

310. Beifpiel. Beifpiel. Ein Träger von 4 m Länge hat auf 1 cm 17,2 kg zu tragen und ruht auf zwei Stützen. Für die Höhe h_1 ftehen nur 30 cm zur Verfügung; δ foll 1,5 cm betragen. Für h ift $h_1 - \frac{\delta_1}{2} - \frac{\delta_2}{2}$, alfo vorläufig annähernd 28 cm einzuführen. Es wird nach den Gleichungen 242, wenn $s_g = 250$ kg für 1 qcm zugelaffen wird,

$$f_2 = \frac{5 \cdot 17{,}2 \cdot 400^2}{8 \cdot 28 \cdot 250} + \frac{1{,}5 \cdot 28}{6} = 68{,}7 \text{ qcm} \quad \text{und} \quad f_1 = \frac{68{,}7}{3} - \frac{1{,}5 \cdot 28}{3} = 8{,}9 \text{ qcm}.$$

Wird fonach $\delta_1 = 1{,}2$ cm und $\delta_2 = 2{,}8$ cm gemacht, fo mufs $b_1 = \frac{8{,}9}{1{,}2} = 7{,}4$ cm und $b_2 = \frac{68{,}7}{2{,}8} = 24{,}5$ cm werden, und die ganze Höhe beträgt $28 + \frac{1{,}2 + 2{,}8}{2} = 30$ cm.

Da die Formel nur annähernd richtige Ergebniffe liefert, fo mufs nach Gleichung 34 in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte (S. 261 [131]) geprüft werden, wie grofs die gröfsten Spannungen oben und unten werden. Die Lage des Schwerpunktes über der Unterkante des Trägers wird beftimmt durch

$$z_0 = \frac{7{,}4 \cdot 1{,}2 \cdot 29{,}4 + 26 \cdot 1{,}5 \cdot 15{,}8 + 24{,}5 \cdot 2{,}8 \cdot 1{,}4}{7{,}4 \cdot 1{,}2 + 26 \cdot 1{,}5 + 24{,}5 \cdot 2{,}8} = 8{,}35 \text{ cm}.$$

Das Trägheitsmoment für die Y-Achfe beträgt [132])

$$\mathfrak{J}_y = \frac{1}{3}\Big[24{,}5 \cdot 8{,}35^3 + 7{,}4\,(30 - 8{,}35)^3 - (24{,}5 - 1{,}5)\,(8{,}35 - 2{,}8)^3 -$$

$$- (7{,}4 - 1{,}5)\,(30 - 8{,}35 - 1{,}2)^3\Big] = 11\,654 \text{ (auf Centim. bezogen)};$$

folglich die Spannung in der Unterkante

$$s' = \frac{17{,}2 \cdot 400^2}{8} \cdot \frac{8{,}35}{11\,654} = 247 \text{ kg für } 1 \text{ qcm},$$

in der Oberkante

$$\frac{17{,}2 \cdot 400^2}{8} \cdot \frac{30 - 8{,}35}{11\,654} = 640 \text{ kg für } 1 \text{ qcm}.$$

Da die zuläffige Druckfpannung in der Unterkante 250 kg für 1 qcm war und die zuläffige Druckfpannung bis zum dreifachen der Zugfpannung zugelaffen wird, fo ift die Spannung unten das $\frac{247}{250} =$ 0,99 fache, oben das $\frac{640}{750} =$ 0,85 fache der zuläffigen, und die Gurtungen können alfo noch auf das $\frac{0{,}99 + 0{,}85}{2} =$ 0,92 fache verfchwächt werden; doch wäre dies mit Rückficht auf die Kleinheit der Maffe der oberen Gurtung nicht zu empfehlen.

b) Schweifseiferne Träger.

Unter den fchweifseifernen Trägern können gewalzte und zufammengefetzte Träger unterfchieden werden. Bei erfteren werden die Eifenbahnfchienen von den fonftigen Walzeifen zu fondern fein; die zufammengefetzten Träger können vollwandig, Blechträger oder gegliedert, Gitterträger, fein.

1) Eifenbahnfchienen als Träger.

311. Anwendung. Eifenbahnfchienen werden bei Hochbauten vielfach als Träger benutzt, hauptfächlich wohl aus dem Grunde, weil fie oft leicht und billig zu haben find; letzteres trifft hauptfächlich für gebrauchte alte Schienen zu. Insbefondere zur Ueberdeckung von Thor- und anderen Wandöffnungen, zur Unterftützung von Treppen, als Erkerträger u. f. w. werden Eifenbahnfchienen häufig benutzt; bisweilen treten fie auch

[131]) 2. Aufl.: Gleichung 42 (S. 64); 3. Aufl.: Gleichung 56 (S. 75).

[132]) Nach: Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte (Art. 310, S. 268 diefes »Handbuches«.

bei der Ueberwölbung von Keller- und anderen Räumen an die Stelle von I-förmigen Walzträgern (fiehe unter 2).

Die einfchlägigen ftatifchen Ermittelungen werden in gleicher Weife, wie bei anderen gewalzten Trägern vorgenommen. 312. Berechnung.

Zieht man die gegenwärtig üblichen breitfüfsigen Schienen in Betracht, fo ift nach *Winkler*[133]) annähernd die Querfchnittsfläche des Schienenquerfchnittes

	für Eifenfchienen:	für Stahlfchienen:	
$F =$	$0{,}285\ h^2$	$0{,}274\ h^2$	Quadr.-Centim.,

wenn h die Schienenhöhe (in Centim.) bezeichnet.

Das Eigengewicht für 1 lauf. Meter beträgt nahezu

$g =$	$0{,}22\ h^2$	$0{,}21\ h^2$	Kilogr.

Das Trägheitsmoment des Schienenquerfchnittes für die wagrechte Schwerachfe des aufrecht geftellten Querfchnittes ift ungefähr

$\mathcal{J} =$	$0{,}0383\ h^4$	$0{,}0364\ h^4$.

Da nur abgenutzte Schienen in Frage kommen, kann man die Querfchnitte nach obigen Formeln nicht voll ausnutzen; im Durchfchnitte wird man für breitfüfsige Schienen neuerer Querfchnittsbildung

das Trägheitsmoment $\mathcal{J} = 0{,}035\ h^4$, ... 244.

das Widerftandsmoment $\frac{\mathcal{J}}{e} = 0{,}07\ h^3$ . . . . 245.

fetzen können, worin h in Centim.

Demnach ift eine auf l Centim. Stützweite frei tragende Schiene im Stande:

auf 1 cm ihrer Länge die Laft . . . $q = 392\ \frac{h^3}{l^2}$ Kilogr., . . 246.

in der Mitte ihrer Länge die Einzellaft $P = 196\ \frac{h^3}{l}$ » . . . 247.

zu tragen, wobei eine Beanfpruchung des Eifens von 700 kg für 1 qcm entfteht.

Stärkere Träger durch Zufammennieten mehrerer alter Schienen zu bilden, ift nicht zu empfehlen, da das geringwertige Material die Koften guter Nietung nicht mit Vorteil trägt; übrigens entftehen unvorteilhafte Materialverteilungen und durch die Nietlöcher in den ziemlich dicken Füfsen beträchtliche Schwächungen.

Beifpiel 1. Eine Schiene von 13 cm Höhe, welche zur Unterftützung von Kellerkappen dient, hat auf 1 lauf. Centim. ($q =$) 7 kg zu tragen; wie weit darf fie frei liegen? 313. Beifpiele.

Nach Gleichung 246 ift $7 = 392\ \frac{13^3}{l^2}$, woraus

$$l = \sqrt{\frac{392}{7}\ 13^3} = \backsim 350 \text{ cm}.$$

Beifpiel 2. Ueber einer Oeffnung von 3 m Stützweite fteht mitten ein Pfeiler von 5000 kg Gewicht; wie viele 13 cm hohe Schienen find zu feiner Unterftützung notwendig?

Nach Gleichung 247 trägt eine Schiene

$$P = 196\ \frac{13^3}{300} = 1435 \text{ kg};$$

fonach müffen $\frac{5000}{1435} = 4$ Schienen gelegt werden.

Beifpiel 3[134]). Ein Erkervorbau, welcher bei 1,0 m Ausladung und 2,5 m Breite in jedem Gefchoffe ein ausgekragtes Traggerippe aus Schienen erhält, hat an der Vorderfeite ein 1,6 m breites, 2,6 m hohes und in jeder Seitenwand ein 0,5 m breites, 2,6 m hohes Fenfter; die Gefchofshöhe beträgt 4,2 m, die Brüftungshöhe der Fenfter 0,75 m; die Stärke der Eckpfeiler zwifchen den Fenftern beträgt

133) In: Vorträge über Eifenbahnbau etc. I. Heft: Der Eifenbahn-Oberbau. 3. Aufl. Prag 1875. S. 77 u. 240.

134) Bezüglich der hier benutzten Formeln vergl. die in den Fufsnoten 135 bis 138 angezogenen Gleichungen.

$1^1/_2$ Stein, die der Fenſterbrüſtungen und Fenſterübermauerungen 1 Stein. Die Eiſenkonſtruktion beſteht aus 2 vorgekragten Schienenlagen unter den Seitenwänden und einer auf deren freie Enden gelagerten Schienenlage unter der Vorderwand. Die Mitten der beiden vorgekragten Schienenlagen liegen $2{,}50 - 0{,}38 = 2{,}12$ m auseinander und beſtimmen die Stützweite der vorderen Schienenlage zu $2{,}12$ m. Das Auflager der vorderen Schienenlage iſt zu $1{,}00 - \frac{0{,}38}{2} = 0{,}81$ m von der Wand anzunehmen.

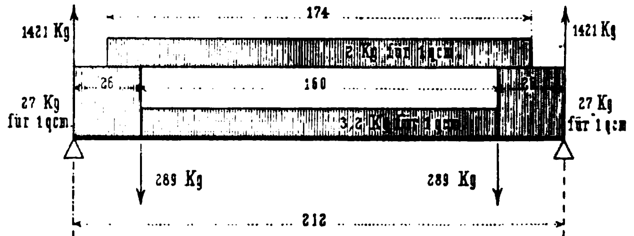


Fig. 598.

α) Die vordere Schienenlage (Fig. 598) hat an beiden Enden auf $\frac{2{,}12 - 1{,}60}{2} = 0{,}26$ m Länge zuerſt den vollen Pfeiler von

$$4{,}2 \cdot 0{,}38 \cdot 0{,}01 \cdot 1700 = 27 \text{ kg}$$

Gewicht für 1 lauf. Centim. zu tragen; dann folgt aus der Fenſterübermauerung eine 26 cm vom Lager entfernte Einzellaſt von

$$^1/_2 \cdot 0{,}25 \cdot 1{,}6\ (4{,}2 - 0{,}75 - 2{,}60)\ 1700 = 289 \text{ kg};$$

endlich ruft die Brüſtung unter dem Fenſter auf $1{,}60$ m Breite für 1 lauf. Centim. die Laſt von $0{,}25 \cdot 0{,}75 \cdot 0{,}01 \cdot 1700 = 3{,}2$ kg hervor. Außerdem hat der Vorderträger aus dem Erkerfußboden noch 2 kg für 1 lauf. Centim. auf $2{,}50 - 2 \cdot 0{,}38 = 1{,}74$ m Länge in der Mitte zu tragen.

Die vom Vorderträger auf die ausgekragten Schienen ausgeübten Auflagerdrücke ſind demnach

$$27 \cdot 26 + 289 + \frac{160}{2}\, 3{,}2 + \frac{174}{2}\, 2 = 1421 \text{ kg};$$

das Biegungsmoment in der Mitte iſt

$$M = 1421\, \frac{212}{2} - 27 \cdot 26 \left(\frac{212}{2} - \frac{26}{2}\right) - 289 \left(\frac{212}{2} - 26\right) - \frac{160}{2}\, 3{,}2\, \frac{160}{4} - \frac{174}{2}\, 2\, \frac{174}{4} = 44411 \text{ cmkg}.$$

Werden n Schienen nebeneinander gelegt, ſo iſt bei einer Beanſpruchung von $s = 700$ kg für 1 qcm nach Gleichung 245 bei 8 cm Schienenhöhe das s-fache Widerſtandsmoment $700\, n \frac{\mathcal{J}}{e} = n \cdot 700 \cdot 0{,}07 \cdot 8^2 = 25088\, n$. Somit folgt die erforderliche Anzahl Schienen aus $25088\, n = M = 44411$ mit $n = 2$.

β) Die ausgekragte Schienenlage von 81 cm theoretiſcher Länge trägt (Fig. 599) am freien Ende den Auflagerdruck des Vorderträgers mit 1421 kg, ferner den Reſt der Vorderwand mit

$$0{,}38 \cdot 4{,}20\, \frac{2{,}5 - 1{,}6 - 2 \cdot 0{,}26}{2}\, 1700 = 515 \text{ kg};$$

hierauf folgt aus dem auf dem Träger ſtehenden, 38 cm ſtarken Pfeiler eine Laſt von 27 kg bis zum Fenſter, d. h. auf $\frac{1{,}00 - 0{,}38 - 0{,}50}{2} = 0{,}06$ m Länge; weiter folgt in der Fenſterkante aus der Fenſterübermauerung eine Einzellaſt von $\frac{0{,}50 \cdot 0{,}25}{2}\,(4{,}20 - 0{,}75 - 2{,}60)\, 1700 = 90$ kg; alsdann aus der Fenſterbrüſtung auf 50 cm Länge, wie oben, 3,2 kg Laſt auf 1 cm; hierauf in der Fenſterkante die Einzellaſt der Fenſterübermauerung mit 90 kg, und ſchließlich wieder aus der $\frac{1{,}00 - 0{,}38 - 0{,}50}{2} = 0{,}06$ m breiten Vorlage im Anſchluſſe an die Wand eine Laſt von 27 kg für 1 cm.

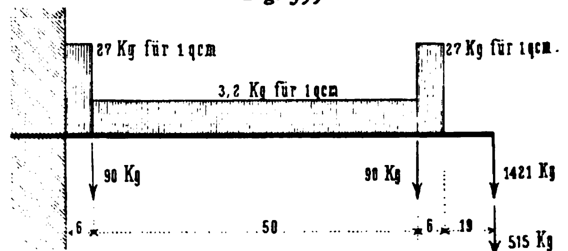


Fig. 599.

Das Biegungsmoment in der Vorderkante der Wand iſt ſomit

$$M = (1421 + 515)\, 81 + 27 \cdot 6 \left(81 - \frac{38}{2} - \frac{6}{2}\right) + 90\,(6 + 50)$$
$$+ 3{,}2 \cdot 50 \left(\frac{50}{2} + 6\right) + 90 \cdot 6 + 27 \cdot 6\, \frac{6}{2} = 177400 \text{ cmkg}.$$

Die Querkraft V in der Wandfläche beträgt

$$V = 1421 + 515 + 2 \cdot 6 \cdot 27 + 2 \cdot 90 + 50 \cdot 3{,}2 = 2600 \text{ kg}.$$

Dieſer Wert wird ſpäter bei der Berechnung der Auflagerung ſolcher einſeitig eingemauerter Träger zur Geltung kommen. (Vergl. Kap. 7, unter c.)

Werden hier je n Schienen von 13 cm Höhe ausgekragt, fo ift das s-fache Widerftandsmoment bei einer Beanfpruchung von $s = 700$ kg für 1 qcm nach Gleichung 245: $n \cdot 0{,}07 \cdot 13^3 \cdot 700 = 107653\,n$. Demnach folgt aus $107653\,n = M = 177400$ die Zahl der Schienen $n = 2$.

Somit hat der Eifenrahmen in den auskragenden Teilen aus je zwei 13 cm hohen Schienen, über deren Enden zwei 8 cm hohe Schienen zum Tragen der Vorderwand geftreckt find, zu beftehen; erftere können, falls niedrigere Schienen vorhanden find, etwas leichter gewählt werden. Die Lagerung der in die Wand gefteckten Schienenpaare wird fpäter (in Kap. 7, unter c) erörtert werden.

2) Walzeifen als Träger.

314. Grundlagen der Berechnung.

Solche Träger werden hauptfächlich als Belag-, ⊏-, Z- und I-Eifen hergeftellt; für die Querfchnittsform diefer Formeifen find die »Deutfchen Normalprofile für Walzeifen« mafsgebend, welche in Teil I, Bd. 1, erfte Hälfte (Abt. I, Abfchn. 1, Kap. 6) diefes »Handbuches« mitgeteilt find; die betreffenden Tabellen enthalten neben den Querfchnittsabmeffungen auch die zur Berechnung notwendigen Angaben über die Lage des Schwerpunktes und die Gröfse der Widerftands- und der Trägheitsmomente.

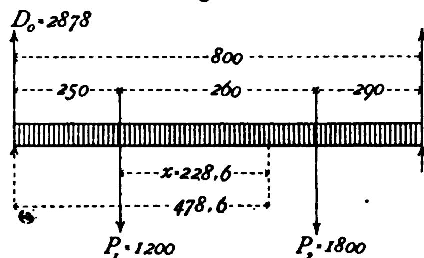
Einige Beifpiele mögen die Anwendung jener Tabellen unter Benutzung der früher entwickelten Formeln erläutern.

315. Beifpiele.

Beifpiel 1. Ein I-Träger fei nach Fig. 600 durch die Einzellaften P_1 und P_2, fowie durch die gleichförmig verteilte Laft von 3,5 kg auf 1 cm der Länge belaftet. Der Auflagerdruck beträgt[135])

$$D_0 = \frac{3{,}5 \cdot 800}{2} + \frac{1200\,(260 + 290) + 1800 \cdot 290}{800} = 2878 \text{ kg}.$$

Fig. 600.



Das gröfste Angriffsmoment liegt da, wo die Summe der Querkräfte gleich Null ift. Man findet diefe Stelle am einfachften durch allmähliches Abziehen der Laften vom Auflagerdrucke von links oder rechts her.

Zieht man zunächft von $D_0 = 2878$ das Produkt $250 \cdot 3{,}5 = 875$ ab, fo bleibt ein Reft von 2003; $P_1 = 1200$ hiervon abgezogen giebt als Reft 803. Das Produkt $260 \cdot 3{,}5 = 910$ ift fchon gröfser, als der letzte Reft, fo dafs die gefuchte Stelle zwifchen P_1 und P_2 liegen mufs, und zwar von P_1 um eine Strecke x entfernt, welche aus der Beziehung $x \cdot 3{,}5 = 803$ mit $x = 228{,}6$ cm folgt. Für diefe Stelle, die alfo $250 + 228{,}6 = 478{,}6$ cm vom linken Auflager entfernt liegt, ift das Moment[136])

$$M_{max} = 2878 \cdot 478{,}6 - 478{,}6 \cdot 3{,}5\,\frac{478{,}6}{2} - 1200 \cdot 228{,}6 = 702024 \text{ cmkg}.$$

Der Wert $\frac{\mathcal{J}}{e}$ oder das fog. Widerftandsmoment des Trägers ergiebt fich[137]) bei einer zuläffigen Spannung von 1000 kg für 1 qcm aus der Gleichung

$$\frac{M}{s} = \frac{702024}{1000} = \frac{\mathcal{J}}{e} = 702 \text{ (auf Centim. bezogen)},$$

und es mufs daher nach der Tabelle über die Normalprofile von I-Eifen[138]) mindeftens Nr. 32 mit dem Widerftandsmoment $\frac{\mathcal{J}}{e} = 788{,}9$ gewählt werden.

Beifpiel 2. Ein 5,1 m tiefer Kellerraum foll in der Weife eingedeckt werden, dafs in 3,25 m Teilung I-Träger geftreckt und zwifchen diefen Kappen von 1/2 Stein, in den Kämpfern 1 Stein Stärke mit Uebermauerung, Bettung, Lagerhölzern und Bretterfufsboden eingewölbt werden. Das Gewicht, welches diefe Kappen für 1 cm auf den Träger übertragen, beträgt 20,5 kg, einfchl. des fchätzungsweife feftgelegten Eigengewichtes des Trägers. Wird eine der beiden anfchliefsenden Kappen mit 250 kg für 1 qm belaftet,

135) Nach: Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte (Gleichung 162, S. 326).

136) Nach ebendaf. (S. 328; 2. Aufl.: S. 128; 3. Aufl.: S. 76).

137) Nach ebendaf. (Gleichung 36, S. 262; 2. Aufl.: Gleichung 44, S. 65; 3. Aufl.: Gleichung 58, S. 76).

138) In Teil I, Bd. 1, erfte Hälfte diefes »Handbuches« (S. 198; 2. Aufl.: S. 251).

fo überträgt fie auf den Träger noch $0{,}01 \cdot 8{,}25 \cdot 250 \cdot 0{,}5 = 4{,}1$ kg für 1 lauf. Centim.; aufserdem erhält 1 cm des Trägers aber aus dem ftärkeren Schube der belafteten Kappe gegenüber der unbelafteten eine wagrechte Belaftung von $1{,}2$ kg für 1 qcm.

Der Träger wird an jedem Ende 35 cm lang in die Wand gefteckt, fo dafs die Stützweite $510 + 35 = 545$ cm beträgt.

In der Mitte ift fonach das Biegungsmoment

$$\text{in lotrechtem Sinne } (20{,}5 + 4{,}1)\frac{545^2}{8} = 916000 \text{ cmkg},$$

$$\text{in wagrechtem Sinne} \;.\;.\;.\; 1{,}2\frac{545^2}{8} = 44500 \text{ cmkg}.$$

Wird zunächft Nr. 36 der »Deutfchen Normalprofile für I-Eifen« angenommen, fo ergeben fich für diefes die folgenden Spannungen.

Für die wagrechte Schwerachfe ift nach der Normaltabelle über I-Eifen $\frac{\mathfrak{J}}{c} = 1098$ cm³ und für die lotrechte $\frac{\mathfrak{J}}{c} = \frac{956}{7{,}15} = 134$ (auf Centim. bezogen).

In den Flanfchecken ergiebt fich aus beiden Beanfpruchungen zufammen alfo die Spannung

$$\sigma = \frac{916000}{1098} + \frac{44500}{134} = 833 + 332 = 1165 \text{ kg für 1 qcm}.$$

Sind beide anfchliefsende Kappen voll belaftet, fo verfchwindet die wagrechte Beanfpruchung wegen der beiderfeits gleichen Schübe; die lotrechte erhöht fich dagegen auf $20{,}5 + 4{,}1 + 4{,}1 = 28{,}7$ kg für 1 cm. Das lotrechte Biegungsmoment wird nun $\frac{28{,}7 \cdot 545^2}{8} = 1065000$ cmkg, und daraus folgt eine Beanfpruchung von

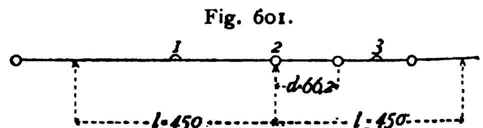
$$\frac{1065000}{1098} = 972 \text{ kg für 1 cm}.$$

Diefe Spannungen können zugelaffen werden, da die Laft nicht ftofsweife wirkt und die Laftannahmen fehr ungünftige find.

Beifpiel 3[139]). Pfetten von Z-förmigem Querfchnitte ruhen auf der nach $1:2{,}5$ geneigten oberen Gurtung eines Dachftuhles in $1{,}50$ m Teilung und find über die in $4{,}50$ m Teilung ftehenden Binder als durchlaufende Gelenkträger hingeftreckt. Das Eigengewicht der Deckung betrage 70 kg für 1 qm der Grundfläche, die Schneebelaftung 75 kg für 1 qm der Grundfläche und der Winddruck 50 kg für 1 qm Dachfläche rechtwinkelig zu diefer. Der wagrecht gemeffene Pfettenabftand beträgt

$$(1{,}5 \cdot 2{,}5) : \sqrt{1 + (2{,}5)^2} = 1{,}392 \text{ m}.$$

Fig. 601.



Damit die Momente an den drei Stellen *1*, *2* und *3* des durchlaufenden Gelenkträgers (Fig. 601) gleich werden, ift

$$d = \frac{l(\sqrt{2}-1)}{2\sqrt{2}} = 0{,}1464\, l = 0{,}1464 \cdot 450 = 66{,}2 \text{ cm}$$

zu machen; dann wird $M_1 = M_2 = M_3 = \frac{q l^2}{16}$ bei der Laft q auf 1 cm Länge.

Diefe Einheitslaft ift für Eigengewicht: $0{,}01 \cdot 1{,}392 \cdot 70 = 0{,}973$ kg für 1 cm;

» » » » Schneelaft: $0{,}01 \cdot 1{,}392 \cdot 75 = 1{,}047$ » » » »;

» » » » Wind: $0{,}01 \cdot 1{,}5 \cdot 50 = 0{,}75$ » » » »;

fomit beträgt 1) das lotrechte Moment aus Eigenlaft: $\frac{0{,}973 \cdot 450^2}{16} = 12300$ cmkg,

2) » » » » Schnee: $\frac{1{,}047 \cdot 450^2}{16} = 13250$ cmkg,

3) » zur Dachfläche rechtwinkelige Moment aus Wind: $\frac{0{,}75 \cdot 450^2}{16}$ 9500 cmkg.

Diefe drei Momente find in Fig. 602 fo durch Auftragen im Mafsftabe 1 cm = 7500 cmkg vereinigt, dafs man bilden kann aus 1 und 2 das gröfste lotrechte Moment $I = 25550$ cmkg, aus 1 und 3 das am weiteften von der Lotrechten abweichende Moment $III = 21300$ cmkg, und aus 1, 2 und 3 das gröfste Moment überhaupt $II = 34600$ cmkg.

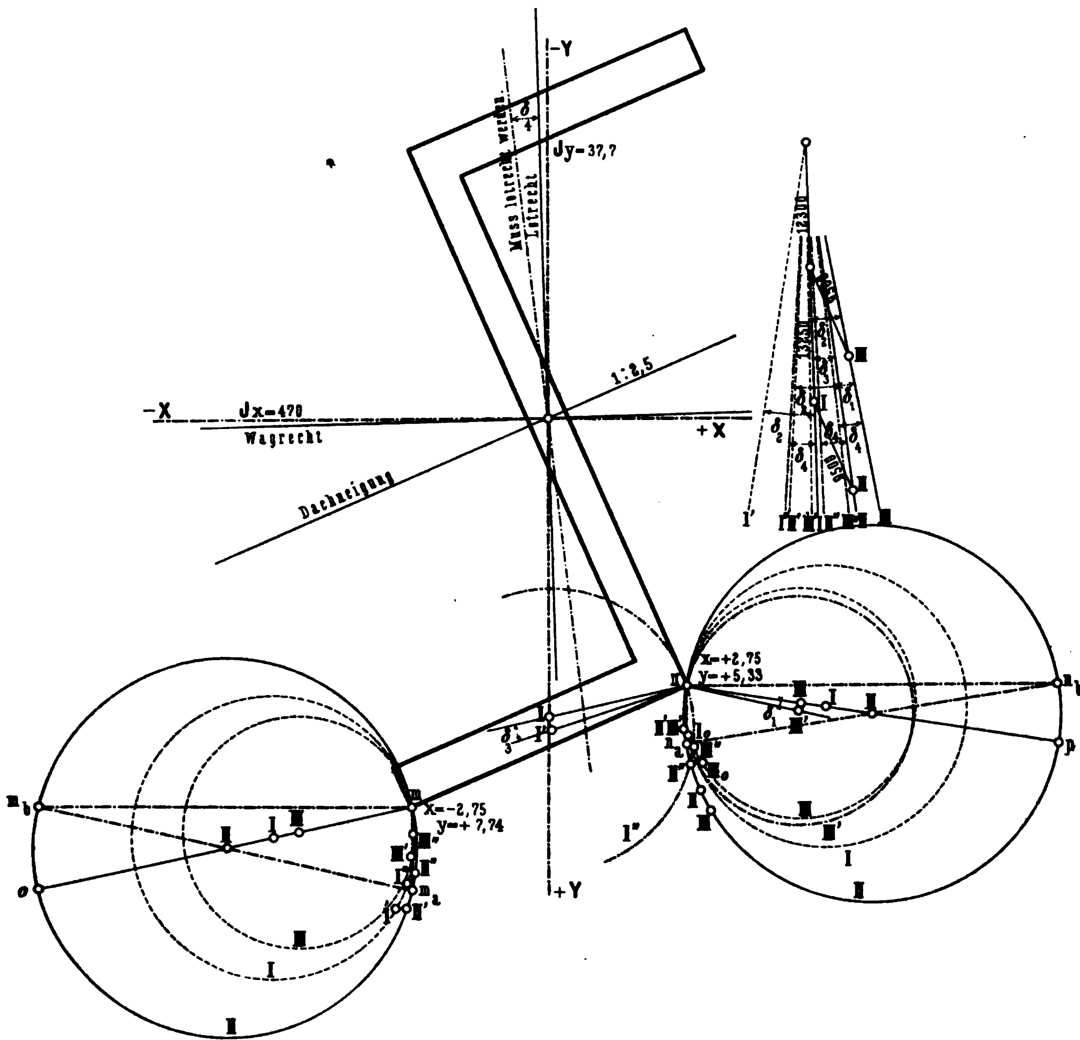
139) Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1894, S. 447; 1895, S. 169.

Nun foll unterfucht werden, welche Spannungen diefe Momente in einem mit dem Stege rechtwinkelig zur Dachfläche geftellten Z-Eifen Nr. 12 hervorrufen, dann auch, wie man die Pfette gegen diefe Stellung etwa zu verdrehen hat, um fie am günftigften auszunutzen, d. h. die entftehenden Spannungen möglichft niedrig zu halten.

Die Spannungsermittelung verläuft wie folgt.

Die Z-Pfette Nr. 12 ift in Fig. 602 zunächft rechtwinkelig zur Dachneigung geftellt, und die den Angaben der Normaltabelle entnommenen Hauptachfen X und Y find eingetragen; die Hauptträgheits-

Fig. 602.



Mafsftab für die Momente: 1 cm = 7500 cm/kg.
Mafsftab für die Gröfsen a und b: 1 cm = 0,015 (auf Centim. bezogen).

momente find $\mathfrak{J}x = 470$ und $\mathfrak{J}y = 37{,}7$ (beide auf Centim. bezogen). Eine der Ecken m oder n wird die gefährdetfte fein. Für jede derfelben ermittele man die Koordinaten x und y, welche in Fig. 602 beigefchrieben find, und dann die Gröfsen $a = \frac{y}{\mathfrak{J}x}$ und $b = \frac{x}{\mathfrak{J}y}$. Es wird

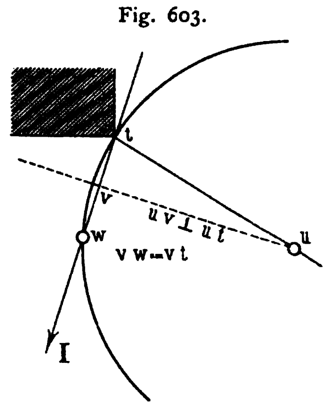
$$a_m = \frac{7{,}74}{470} = 0{,}01646 \text{ (auf Centim. bezogen)}, \quad b_m = -\frac{2{,}75}{37{,}7} = -0{,}073 \text{ (auf Centim. bezogen)},$$

$$a_n = \frac{5{,}33}{470} = 0{,}01135 \text{ (auf Centim. bezogen)}, \quad b_n = \frac{2{,}75}{37{,}7} = +0{,}073 \text{ (auf Centim. bezogen)}.$$

Trägt man dieſe Werte a und b nach dem Vorzeichen im Sinne der Achſen X und Y in gleicher Richtung mit dieſen vom Punkte n bis n_a und n_b und von m bis m_a und m_b auf, und legt durch die drei Punkte m, m_a, m_b und n, n_a, n_b je einen Kreis, was in Fig. 602 im Maſsſtabe 1 cm = 0,015 geſchehen iſt, ſo kann man die aus verſchiedenen Momenten entſtehenden Spannungen ableſen, wenn man von n und m aus die Richtung des Moments in den Kreis hineinzieht, z. B. nII für das gröſste Moment II, den vom Kreiſe hierauf gebildeten Abſchnitt miſst; für nII ergiebt ſich 1,375 cm, alſo 1,375 . 0,015 = 0,0206, und das Moment mit dieſem Abſchnitte multipliziert. Moment II erzeugt daher in n die Spannung 0,0206 . 34600 cmkg = 712 kg für 1 qcm, womit der erſte Teil der Aufgabe gelöſt iſt.

Das Moment III liefert auf ſeiner durch n gelegten Richtung den Abſchnitt $nIII$ = 1,66 cm, alſo die Spannung 1,66 . 0,015 . 21300 = ∾ 530 kg für 1 qcm; der gröſsere Abſchnitt $nIII$ liefert ſomit gegenüber dem kleineren nII die kleinere Spannung, da zu ihm das kleinere Moment gehört. Um nun die vom Kreiſe für die verſchiedenen Momentenrichtungen gelieferten Abſchnitte als Maſse der Spannungen unmittelbar vergleichen zu können, iſt der Kreis $n\,n_a\,n_b$ in n und der Kreis $m\,m_a\,m_b$ in m dem Moment II zugewieſen, und für die kleineren Momente M_I und M_{III} ſind dann in den Verhältniſſen dieſer Momente verkleinerte Kreiſe I und III eingezeichnet, deren Abſchnitte auf den durch n und m gelegten Momentſtrahlen nun unmittelbar verglichen werden können, weil ſie ſämtlich mit dem Moment M_{II} zu multiplizieren ſind, um die richtigen Spannungen zu ergeben. So iſt z. B. die Spannung aus M_{III} in n ſtatt aus dem oben benutzten Abſchnitte $nIII$ = 1,66 cm auch zu entnehmen aus dem Abſchnitte $nIII_0$ = 1,025 cm mit 1,025 . 0,015 . 34600 = ∾ 530 kg für 1 qcm. Für die Richtung des Moments M_I ergiebt ſich auf dem zugehörigen Kreiſe I der Abſchnitt nI_0 = 0,66 cm, alſo die Spannung in n mit 0,66 . 0,015 . 34600 = 342 kg für 1 qcm.

Fig. 603.



Nimmt man ganz dieſelben Ermittelungen in m vor, ſo fallen die Spannungen hier erheblich geringer aus, und die ungünſtigſte Spannung tritt demnach bei der Stellung der Pfette mit dem Stege rechtwinkelig zum Dache mit 712 kg für 1 qcm in n ein.

Noch mag erwähnt werden, daſs die Schnitte der mit den Momenten gleich gerichteten Strahlen mit den zugehörigen Kreiſen in der Regel ſehr ſpitz ausfallen, alſo die Schnittpunkte nicht genau abzuleſen ſind. Für das ſcharfe Feſtlegen giebt es das einfache Mittel, daſs man nicht bloſs den Momentenſtrahl tI durch den zu unterſuchenden Punkt t (Fig. 603), ſondern vom Mittelpunkte des zugehörigen Kreiſes auch noch die Rechtwinkelige uv dazu zieht; verdoppelt man dann den genau beſtimmten Abſtand tv bis w, ſo iſt in w der geſuchte Schnitt von tI mit dem Kreiſe genau gefunden. In Fig. 603 ſind alle Punkte ſo feſtgelegt.

Die Spannungen aus den drei Momenten in n fallen ſomit ſämtlich verſchieden aus; ſie betragen 712 kg für 1 qcm aus II, 530 kg für 1 qcm aus III und 342 kg für 1 qcm aus I. Daraus folgt, daſs die Pfette in der gewählten Stellung bezüglich des Punktes n ſehr ungünſtig ausgenutzt wird; es wäre viel günſtiger, ſie ſo zu drehen, daſs die Spannungen aus II und III gleich werden und diejenige aus I kleiner bleibt; die gröſste Spannung würde dabei verringert, die Pfette alſo entlaſtet werden. Hieraus entſteht nun der zweite Teil der Unterſuchung, nämlich die Frage, wie iſt die Pfette zu verdrehen, damit zunächſt die bezeichneten Spannungen in n gleich werden. Der Bequemlichkeit der Zeichnung wegen wird bei dieſer Unterſuchung nicht die Pfette gegen die feſtliegenden Momentenrichtungen, ſondern dieſe werden in umgekehrtem Drehſinne gegen die feſtſtehend gedachte Pfette verdreht.

Um nun diejenige Richtung zu erhalten, in welche II fallen muſs, damit σ_n^{II} auf Grund des Abſchnittes in Kreis $II = \sigma_n^{III}$ auf Grund des Abſchnittes in Kreis III wird, lege man den Winkel δ_1 zwiſchen II und III nach der Seite in n an den Durchmeſſer np an, auf der die Spannungsabſchnitte in den Kreiſen bisher abgeleſen waren, verlege den Mittelpunkt III nach III' auf den anderen Schenkel dieſes Winkels und bringe den um dieſen neuen Mittelpunkt geſchlagenen Kreis III' mit dem urſprünglichen Kreiſe II zum Schnitte, der in $II'III'$ fällt. Das genaue Feſtlegen dieſer meiſt ſpitzen Kreisſchnitte geſchieht ähnlich, wie oben dasjenige der Spannungsſtrecken. Die Verbindungslinie von n mit dieſem Schnittpunkte giebt die Richtung II' an, in die das Moment II gebracht werden muſs, damit II und III in n gleiche Spannungen erzeugen; denn verdreht man nun III um den ſo für II erhaltenen Winkel δ_2 in die Lage III', ſo ſchneidet dieſe Richtung gemäſs der Entſtehung des Punktes $II'III'$ im Kreiſe III die gleiche Länge ab, wie die Richtung II' im Kreiſe II, in dieſem Falle 0,567 cm, ſo daſs die von II und III in n erzeugten Spannungen beide gleich 0,567 . 0,015 . 34600 = 294 kg für 1 qcm betragen, während die

Spannung, die von dem um den gleichen Winkel δ_2 nach I' verdrehten Moment I erzeugt wird, kleiner bleibt, in diefem Falle zufällig O ift, weil die Richtung I', durch n gezogen, den Kreis in n gerade berührt. Hiermit ift alfo für den Punkt n für fich ein fehr günftiger Spannungsausgleich erzielt, indem man die Pfette gegen die gezeichnete Stellung um den Winkel δ_2 zwifchen den Richtungen $O\,II$ und $O\,II'$, aber in umgekehrtem Sinne, mit dem Kopfe nach rechts, verdreht.

Unterfucht man nun aber durch Eintragen der drei neuen Richtungen I', II' und III' in die drei Kreife an m die Spannungen in diefem Punkte, fo findet man, dafs diefe hier ganz wefentlich gröfser werden; insbefondere erhält man auf der Richtung I' den Abfchnitt von $1{,}36$ cm am Kreife I, alfo die Spannung $1{,}36 \,.\, 0{,}015 \,.\, 34600 = 706$ kg für 1 qcm aus I' in m, woraus folgt, dafs mit dem günftigen Ausgleiche in n allein keine vorteilhafte Pfettenftellung gefunden ift. Man mufs den Ausgleich durch Pfettenverdrehung vielmehr fo vornehmen, dafs die gröfste Spannung in m der gröfsten in n gleich wird, und die beiden anderen fowohl in m als auch in n kleiner ausfallen.

Dies führt dazu, die Momentenrichtungen gegen die Pfette fo einzuftellen, dafs die Spannung $\sigma_m{}^I$ aus Moment I in m der Spannung $\sigma_n{}^{II}$ aus II in n gleich wird; die vier Spannungen $\sigma_m{}^{II}$, $\sigma_m{}^{III}$, $\sigma_n{}^I$ und $\sigma_n{}^{III}$ bleiben dann fämtlich kleiner, und die denkbar günftigfte Pfettenftellung ift damit gefunden. Zu diefem Zwecke übertrage man den Durchmeffer $m\,o$ in unveränderter Richtung nach n, oder $n\,p$ ebenfo nach m, und trage den zwifchen II und I liegenden Winkel δ_3 nach derjenigen Richtung von n oder m aus an diefen Durchmeffer an, nach der die auszugleichenden Spannungsabfchnitte gemeffen waren; in Fig. 602 ift erfteres gefchehen. Nun verlege man den Mittelpunkt I von der übertragenen Lage des Durchmeffers nach I'' auf die verdrehte Lage, fchlage von hier aus einen Kreis I'' und beftimme feinen Schnitt II'' mit dem Kreife II in n. Die Richtung $n\,II''$ giebt dann diejenige Richtung II'' an, in welche Moment II zu legen ift, damit die Spannung aus II in n gerade fo grofs wird, wie diejenige aus I in m; denn, wenn man nun I'' gegen I mit dem gleichen Winkel δ_4 feftlegt, wie II'' gegen II, dann die Strahlftrecke $m\,I''$ bei m und $n\,II''$ bei n mifst, fo müffen diefe gleich ausfallen, wie aus der Ermittelung diefer Richtungen ohne weiteres folgt. Beide find in diefem Falle gleich 1 cm, geben alfo die Spannungen an:

$$\sigma_m{}^I = \sigma_n{}^{II} = 1 \,.\, 0{,}015 \,.\, 34600 = 519 \text{ kg für } 1 \text{ qcm}.$$

Legt man fchliefslich die Richtung III'' gegen III mit dem Winkel δ_4 auch ebenfo feft wie II'' gegen II und ermittelt nun mit diefen Richtungen $m\,II'' = \sigma_m{}^{II}$ und $m\,III'' = \sigma_m{}^{III}$ bei m, $n\,III'' = \sigma_n{}^{III}$ und $n\,I'' = \sigma_n{}^I$ bei n, von denen die letztere nicht mehr eingetragen ift, fo find diefe fämtlich kleiner als 519 kg für 1 qcm; demnach ift nun der günftigfte Ausgleich der Spannungen erzielt, und die Pfettenfpannung von 712 kg für 1 qcm durch Verdrehen der Pfette auf 519 kg für 1 qcm heruntergebracht.

Die Richtung I'' mufs nun als diejenige des Moments I aus Eigenlaft und Schnee lotrecht fein; fie ift in die Pfette felbft mit der Bemerkung »mufs lotrecht werden« eingetragen, wodurch die endgültige Stellung der Pfette feftgelegt ift. Die Pfette mufs demnach mit dem Kopfe um den Winkel δ_4 nach rechts gedreht geftellt und fo befeftigt werden, damit die Punkte m und n, erfterer aus Eigenlaft und Schnee, letzterer aus Eigenlaft, Schnee und Wind, beide die höchfte vorkommende Spannung von 519 kg für 1 qcm erhalten.

Es ift felbftverftändlich, dafs man die für den Fall zu wählende Pfette fchwächer halten kann, da die Spannung weit unter der zuläffigen liegt; hier kam es nur darauf an, den Weg der Spannungsermittelung und des Feftlegens der Pfettenftellung zu zeigen.

316. Anwendung der verfchiedenen Walzeifen.

Bezüglich der Verwendung der verfchiedenen Querfchnittsformen ift zu erwähnen, dafs man für gewöhnliche Träger (Balken, Unterzüge, Kappenträger u. f. w.) I-Profile oder, wenn man eine glatte Seite und wenig feitliche Steifigkeit verlangt, C-Profile wählt. L-Eifen kommen in zufammengefetzten Trägern vorwiegend mit anderen Eifenforten vereinigt vor; ⊥-Träger werden wohl aus zwei Winkeleifen gebildet; die ganz fchwachen Sorten werden auch für fich allein zu Dachlatten für Ziegeldächer verwendet. Z-Eifen werden mit Vorliebe als Pfetten, namentlich für Wellblechdeckungen, benutzt, und kleine ⊥-Eifen bilden die Träger für die Glastafeln kleinerer Decken- und Dachlichter, während die Tafeln grofser Glasflächen auf Rinneneifen oder das kleinfte Belageifen gelagert werden. Die Belageifen verwendet man auch vielfach zur Herftellung eiferner Decken mit Zement- oder Afphalteftrich, indem man fie quer über die dann in weiter Teilung angeordneten Balken dicht oder doch nahe aneinander rückt.

Diefe einfachen Walzprofile durch gegenfeitige Vernietung oder Aufnieten von Kopf- und Fufsplatten zu verftärken, ift nicht empfehlenswert, weil (vergl. Fig. 465, S. 181) durch die Nietlöcher faft ebenfo viel verloren geht, wie man durch die Verftärkung gewinnt.

Die in den Tabellen enthaltenen Normalprofile müffen felbft unter Aufwendung überflüffigen Eifengewichtes durch Wahl zu ftarker Querfchnitte ftets beibehalten werden, da das Walzen neuer Profile für beftimmte Zwecke unverhältnismäfsig teuer ift.

Die Verwendung der Walzträger ift durchzuführen, folange die Querfchnitte für die geforderte Leiftung irgend ausreichen, da ihr Preis nur wenig mehr, als die Hälfte desjenigen von zufammengenieteten Trägern beträgt. Ein Teil diefes Gewinnes geht allerdings dadurch wieder verloren, dafs man, abgefehen von der meift nicht zu vermeidenden Wahl zu ftarker Querfchnitte überhaupt, bei Walzträgern nicht in der Lage ift, fich der Abnahme der Biegungsmomente durch Verfchwächung des Querfchnittes anzufchmiegen.

Uebrigens mag bezüglich der Berechnung noch hervorgehoben werden, dafs man fich für manche der hier erwähnten, aus einfachen Walzprofilen zufammengefetzten Querfchnitte mit Vorteil der in der Zufammenftellung auf S. 206 bis 211 angegebenen Steifigkeitsziffern c (fiehe Gleichung 188, S. 205) und Schwerpunktsbeftimmungen e bedienen kann.

Beifpiel. Ein $3{,}0^{m}$ frei liegender Träger, welcher auf 1^{cm} Länge 8^{kg} zu tragen hat, foll, der Verbindung mit anderen Konftruktionsteilen wegen, aus zwei ungleichfchenkeligen Normal-L-Eifen des Schenkelverhältniffes $1 \times 1{,}5$ nach Nr. 12 der Zufammenftellung auf S. 207 gebildet werden.

Das Trägheitsmoment ift $\mathcal{J} = 2 f h^2 c = 2 f h^2 \cdot 0{,}231$ und der Abftand der entfernteften Fafer vom Schwerpunkte $e = 1{,}5\, h - e_1 = (1{,}5 - 0{,}506)\, h = 0{,}994\, h$. Die allgemeine Gleichung $M = \frac{\sigma e}{\mathcal{J}}$ liefert in diefem Falle alfo, wenn die zuläffige Beanfpruchung 900^{kg} für 1^{qcm} beträgt,

$$\frac{8 \cdot 300^2}{8} = \frac{900 \cdot 0{,}994\, h}{2 f h^2 \cdot 0{,}231} \quad \text{oder} \quad f h = \frac{2 \cdot 0{,}231 \cdot 8 \cdot 300^2}{900 \cdot 0{,}994 \cdot 8} = 46{,}5 .$$

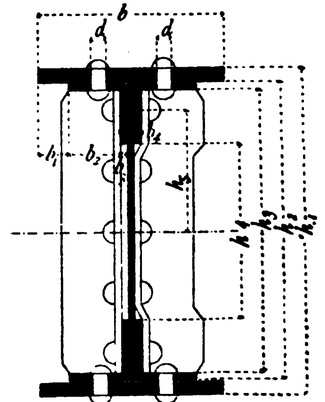
Dem genügt zuerft das Winkeleifen $5 \times 7{,}5 \times 0{,}9$ mit $f h = 10{,}44 \cdot 5 = 52{,}2$; aus zwei folchen ift fonach der Träger zufammenzufetzen.

3) Blechträger.

317. Querfchnitt und Konftruktion.

Blechträger werden aus Winkeleifen und vollen Blechplatten zufammengefetzt, und zwar faft ausfchliefslich in I-Form (Fig. 604) oder in Kaftenform (Fig. 605); letztere erreicht bei thunlichfter Höheneinfchränkung eine breite Oberfläche, z. B. zum Tragen ftarker Mauern, macht aber die Unterhaltung der nur bei fehr grofsen Trägern zugänglichen Innenflächen in den meiften Fällen unmöglich.

Fig. 604.



Die Kopf- und Fufsplatten läfst man nicht mehr, als um ihre 8fache Dicke über die Winkeleifen frei vorragen; find mehrere da, fo werden alle gleich breit gemacht. Die lotrechten Blechwände müffen über allen Auflagern und an den Angriffftellen von Einzellaften durch 1, 2 oder 4 angenietete Winkeleifen verfteift werden, welche entweder gekröpft (Fig. 604 u. 605 rechts) oder beim Einlegen von Füllftreifen (Fig. 604 u. 605 links) gerade gelaffen werden.

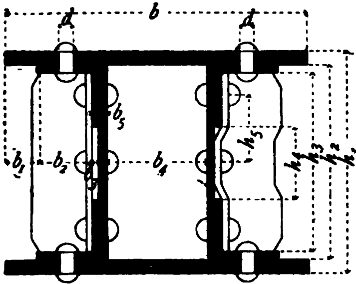


Fig. 605.

Die verwendeten Blechdicken ſteigen von 6 bis 20 mm; die Gröſse der einzelnen Tafeln richtet ſich nach der Handelsgröſse der Bleche, welche in den letzten Jahren durch Vervollkommnung des Walzverfahrens ſo gewachſen iſt, daſs man ſelbſt vor Blechgröſsen von 8 m Länge und 1,50 m Breite nicht zurückzuſchrecken braucht; ſehr dünne Bleche nimmt man kleiner, da ſie ſonſt zu unhandlich werden. Bezüglich der Verbindung mehrerer Tafeln zu einer groſsen Blechwand vergl. Art. 236 (S. 177).

Von den »Deutſchen Normalprofilen« für Winkeleiſen werden vorwiegend die gleichſchenkeligen mit Schenkelbreiten von 4 bis 12 cm verwendet; ungleichſchenkelige benutzt man mit abſtehendem langen Schenkel dann, wenn man vom Träger groſse Seitenſteifigkeit verlangt; ſonſt werden ſie wegen des höheren Preiſes vermieden.

Die Niete, deren Dicke ſich nach der Stärke der verwendeten Eiſen (ſiehe Art. 208, S. 152) richtet, ſind in den Winkeleiſen nach Fig. 432 bis 436 (S. 160 u. 161) anzuordnen. In den Gurtungsplatten hat man früher die Niete der verſchiedenen (meiſt 2) Reihen wohl gegeneinander verſetzt. Dies iſt indes nach dem in Art. 240 (S. 180) geführten Nachweiſe verkehrt, weil die ſchiefe Lochung die Platten mehr ſchwächt, als die doppelte; dagegen werden die Niete in den beiden Schenkeln der Winkeleiſen ſtets verſetzt (Fig. 607). Die Kopf- und Fuſsplatten laufen nicht bis zu den Trägerenden, ſondern hören da auf, wo der Querſchnitt ohne ſie für das gröſste Moment dieſer Stelle ſtark genug iſt.

Wirken die Laſten in der lotrechten Mittelachſe, ſo erfolgt die Spannungsermittelung nach Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieſes »Handbuches« (Art. 298, S. 262 [140]), bei ſchiefer Beanſpruchung nach Art. 324 (S. 282) und den obigen Beiſpielen 2 und 3 (S. 247 u. 248) für Walzträger. In allen Fällen wird das Trägheitsmoment für die wagrechte Schwerachſe gebraucht. Daſſelbe beträgt nach Fig. 604 für I-förmige Träger [141]) 318. Ermittelung der Querſchnitte.

$$\mathfrak{J} = (b - 2\,d)\,\frac{h_1^{\,3}}{12} - 2\,b_1\,\frac{h_2^{\,3}}{12} - 2\,(b_2 - d)\,\frac{h_3^{\,3}}{12} - 2\,b_3\,\frac{h_4^{\,3}}{12}; \quad . \quad . \quad 248.$$

fehlen die Kopf- und Fuſsplatten, ſo ſind die Niete in den lotrechten Winkelſchenkeln nach dem Anſatze $- 2\,b_4\,d\,h_5^2$ in Abzug zu bringen.

Für Kaſtenträger nach Fig. 605 beträgt das Trägheitsmoment

$$\mathfrak{J} = (b - 2\,d)\,\frac{h_1^{\,3}}{12} - (2\,b_1 + b_4)\,\frac{h_2^{\,3}}{12} - 2\,(b_2 - d)\,\frac{h_3^{\,3}}{12} - 2\,b_3\,\frac{h_4^{\,3}}{12}; \quad . \quad 249.$$

fehlen hier die Platten, ſo iſt der Nietabzug für die Niete in den Blechwänden $- 2 \cdot 2\,d\,b_5\,h_5^2$.

In die Formeln für die Spannungen ſind die Trägheitsmomente einzuführen, zu deren Berechnung man den Querſchnitt zunächſt annehmen muſs. Die Querſchnitte müſſen alſo durch Verſuch feſtgeſtellt werden.

Auf dieſem Wege iſt die Querſchnittsbeſtimmung zeitraubend. Es empfiehlt ſich daher, zunächſt Näherungsformeln zu verwenden und ihr Ergebnis dann in entſprechender Weiſe zu berichtigen. Solche Näherungsformeln ſind die folgenden.

140) 2. Aufl.: Art. 88, S. 65; 3. Aufl.: Art. 97, S. 76.

141) Vergl. auch: ZIMMERMANN. Tabellen für Trägheitsmomente von Blechträgern. Berlin.

Es bezeichnen h die ganze Trägerhöhe (in Centim.), f den Querfchnitt einer Gurtung ohne Blechwand (in Quadr.-Centim.), a (in der Regel vorläufig genau genug mit 3 cm anzunehmen) den Abftand des Gurtungsfchwerpunktes von der Aufsenkante, s die zuläffige Beanfpruchung für 1 qcm, M das Angriffsmoment (in Centim.-Kilogr.) und δ die Dicke der Blechwand (in Centim.). Alsdann ift zu machen:

1) wenn die Trägerhöhe h vorgefchrieben ift,

$$f = \frac{M}{s\,(h-2\,a)} - \frac{(h-2\,a)\,\delta}{6}, \qquad \ldots \ldots \quad 250.$$

2) oder wenn f aus beftimmt vorgefchriebenen Eifenforten zufammengefetzt werden foll, daher als gegeben zu betrachten ift,

$$h = \sqrt{\frac{6\,M}{s\,\delta} + \left(\frac{3\,f}{\delta} + a\right)^2} - \left(\frac{3\,f}{\delta} - a\right). \qquad \ldots \quad 251.$$

Nachdem der Trägerquerfchnitt hiernach ausgebildet ift, berechne man fein Trägheitsmoment $\mathcal{J}$ nach Gleichung 248 oder 249, daraus $\frac{2\,\mathcal{J}}{h}$; und ebenfo ermittele man die Gröfse $\frac{M}{s}$. Beide follten gleich fein, werden aber in der Regel nicht gleich werden, weil die Gleichungen 248 u. 249 nur annähernd richtig find.

Man bilde nun den Unterfchied $\Delta = \frac{M}{s} - \frac{2\,\mathcal{J}}{h}$, wobei auf das Vorzeichen befonders acht zu geben ift, und führe nun eine der folgenden Berichtigungsrechnungen durch.

1) Kopfplatten find nicht vorhanden. Die Berichtigung erfolgt dann durch Aenderung der Trägerhöhe h um

$$x_h = \left[-\left(\frac{h}{2} - a\right) + \sqrt{\frac{3\,\Delta\,h}{2\,(6\,f + \delta\,h)} + \left(\frac{h}{2} - a\right)^2}\right] 2. \qquad \ldots \quad 252.$$

2) Kopfplatten der Gefamtdicke δ_1 find auf jeder Gurtung vorhanden. Die Berichtigung erfolgt alsdann durch Aenderung der Kopfplattenbreite b um

$$x_b = \frac{\Delta\,h}{\delta_1\,(h-\delta_1)^2}. \qquad \ldots \ldots \quad 253.$$

319. Beifpiele.

Beifpiel 1. Ein Träger von 10 m Länge trägt, aufser 5 kg gleichmäfsig verteilter Laft auf 1 cm, in der Mitte noch eine Einzellaft von 30 000 kg. Der Träger foll I-förmig, 80 cm hoch, für $s = 900$ kg auf 1 qcm und mit $d = 1$ cm ftarker Blechwand ausgebildet werden. Das Biegungsmoment ift

$$M = \frac{5 \cdot 1000^2}{8} + \frac{30\,000 \cdot 1000}{4} = 8\,125\,000 \text{ cmkg}.$$

Wird der Abftand a des Schwerpunktes einer Gurtung von ihrer Aufsenkante vorläufig fchätzungsweife mit $a = 3$ cm eingeführt, fo ift nach Gleichung 250

$$f = \frac{8\,125\,000}{900\,(80 - 2 \cdot 3)} - \frac{(80 - 2 \cdot 3)\,1}{6} = 122 - 12{,}4 = 109{,}6 = \infty\ 110 \text{ qcm}.$$

2 L-Eifen von $10 \times 10 \times 1{,}2$ Querfchnitt geben nach Abzug eines 2,5 cm-Nietloches

$2\,(10 + 8{,}8 - 2{,}5)\,1{,}2 =$ 39,2 qcm,

3 Kopfplatten von 29×1 Querfchnitt $3 \cdot 1\,(29 - 2 \cdot 2{,}5) =$ 72 »

zufammen 111,2 qcm.

Für Gleichung 248 wird nunmehr bei diefem Querfchnitte $h_1 = 80$ cm; $h_2 = 80 - 6 = 74$ cm; $h_3 = 80 - 8{,}4 = 71{,}6$ cm; $h_4 = 80 - 2 \cdot 13 = 54$ cm; $b = 29$ cm; $b_1 = \frac{29 - 21}{2} = 4$ cm; $b_2 = 8{,}8$ cm; $b_3 = 1{,}2$ cm, $b_4 = 3{,}4$ cm, und $d = 2{,}5$ cm; fomit

$$\mathfrak{J} = (29 - 2 \, . \, 2{,}5)\, \frac{80^3}{12} - 2 \, . \, 4\, \frac{74^3}{12} - 2\,(8{,}8 - 2{,}5)\, \frac{71{,}6^3}{12} - 2 \, . \, 1{,}2\, \frac{54^3}{12} = 336943;$$

daher

$$\frac{2\,\mathfrak{J}}{h} = \frac{2 \, . \, 336943}{80} = 8423.$$

Dagegen iſt $\frac{M}{s} = \frac{8125000}{900} = 9028$; ſomit $\Delta = 9028 - 8423 = +\,605$. Die Berichtigung erfolgt durch Verbreiterung der Kopfplatten nach Gleichung 253 um

$$x_b = \frac{605 \, . \, 80}{3\,(80 - 3)^2} = 2{,}7 \text{ cm},$$

ſo daſs die Kopfplatten $29 + 2{,}7 = 31{,}7$ cm breit zu machen ſind. Rechnet man hierfür das Trägheitsmoment nochmals genau nach, ſo ergiebt dies genau die Spannung von 900 kg für 1 qcm.

Beiſpiel 2. Der vorſtehend angegebene Träger ſoll in Kaſtenquerſchnitt mit Gurtungen aus 2 Platten von 40×1 cm Querſchnitt und 2 L-Eiſen von $11 \times 11 \times 1$ cm Querſchnitt nach Fig. 605 ausgebildet werden; wie groſs iſt die Höhe zu machen? Der Nietdurchmeſſer iſt $d = 2$ cm.

2 Winkeleiſen $11 \times 11 \times 1$ geben $2\,(11 + 10 - 2)\,1 = 38$,
2 Platten . . . 40×1 » $2\,(40 - 2 \, . \, 2)\;\;1 = 72$;
alſo iſt $f = 110$ qcm.

Nach Gleichung 251 folgt, wenn a wieder mit 3 cm eingeführt wird,

$$h = \sqrt{\frac{6 \, . \, 8125000}{900 \, . \, 2} + \left(\frac{3 \, . \, 110}{2} + 3\right)^2} - \left(\frac{3 \, . \, 110}{2} - 3\right) = 73{,}2 = \backsim 74 \text{ cm},$$

da für zwei Wände $\delta = 2$ cm iſt.

Für Benutzung der Gleichung 249 beſtimmt ſich in Bezug auf Fig. 605: $b - 2\,d = 40 - 4 = 36$; $2\,b_1 + b_4 = 40 - 2\,(11 + 1) = 16$ cm; $b_2 - d = 10 - 2 = 8$ cm; $b_3 = 1$ cm; $h_1 = 74$ cm; $h_2 = 70$ cm; $h_3 = 68$ cm, und $h_4 = 48$ cm; alſo nach Gleichung 249

$$\mathfrak{J} = 36\, \frac{74^3}{12} - 16\, \frac{70^3}{12} - 2 \, . \, 8\, \frac{68^3}{12} - 2 \, . \, 1\, \frac{48^3}{12} = 320664 \quad \text{und}$$

$$\frac{2\,\mathfrak{J}}{h} = \frac{2 \, . \, 320664}{74} = 8667 \text{ cm}; \quad \frac{M}{s} = \frac{8125000}{900} = 9028; \quad \Delta = 9028 - 8667 = +\,361.$$

Die Berichtigung iſt nach Gleichung 252 einzuführen mit

$$x_h = \left[-\left(\frac{74}{2} - 3\right) + \sqrt{\frac{3 \, . \, 361 \, . \, 74}{2\,(6 \, . \, 110 + 2 \, . \, 74)} + \left(\frac{74}{2} - 3\right)^2}\,\right] 2 = \backsim 1{,}5 \text{ cm}.$$

Der Träger iſt alſo $74 + 1{,}5 = 75{,}5$ cm hoch zu machen. Nochmaliges Nachrechnen von $\mathfrak{J}$ auf Grund dieſer Höhe ergiebt eine genaue Spannung von 913 kg; es empfiehlt ſich alſo, die Höhe mit 76 cm auszuführen, was übrigens ſo wie ſo geſchehen würde.

Ein weſentlicher Vorteil der zuſammengeſetzten Träger liegt in der Möglichkeit, den Querſchnitt durch Weglaſſen einzelner Gurtungsteile der Abnahme des Biegungsmoments entſprechend verſchwächen zu können. 320. Veränderung des Querſchnittes.

Dieſe Verſchwächung erfolgt regelmäſsig durch Weglaſſen der Kopfplatten, die übrigen Teile: Wand und Gurtungswinkel, laufen unverändert durch. Die Stelle, an welcher eine beſtimmte Kopfplatte aufhören kann, iſt folgendermaſsen feſtzulegen.

Man berechne das Trägheitsmoment $\mathfrak{J}$, welches der Träger nach Weglaſſen der fraglichen Platte noch behält, und daraus das zugehörige Widerſtandsmoment $\frac{\mathfrak{J}}{e}$. Dann ſtelle man die allgemeine Formel für das Angriffsmoment für den um x vom Lager entfernten Querſchnitt M_x auf und ſetze $\frac{M_x}{s} = \frac{\mathfrak{J}}{e}$, wodurch man eine Gleichung mit der einzigen Unbekannten x erhält. Die Platte muſs dann über die ſo feſtgelegte Stelle hinaus nach dem Auflager zu noch um ſo viel verlängert werden, daſs ein Befeſtigungsniet in der regelmäſsigen Teilung auſserhalb des theoretiſchen Plattenanfanges Platz findet.

Beifpiel. Um die Stelle für den im obigen Beifpiele 1 (S. 254) feftgelegten I-Träger zu berechnen, wo die innerfte Gurtungsplatte aufhören darf, ift zunächft das Trägheitsmoment für den blofs aus Wand und Winkeleifen beftehenden Querfchnitt wegen des nun veränderten Nietabzuges neu aufzuftellen. Es beträgt (Fig. 606) nach Gleichung 248

$$\mathcal{J} = 21 \frac{74^3}{12} - 2 \cdot 8{,}8 \frac{71{,}6^3}{12} - 2 \cdot 1{,}2 \frac{54^3}{12} - 2 \cdot 2{,}5 \cdot 3{,}4 \cdot 32^2 = 121892.$$

Der Auflagerdruck des fraglichen Trägers ift $\frac{30000}{2} + \frac{5 \cdot 1000}{2} = 17500^{kg}$; fomit das Biegungsmoment an der um x vom Lager entfernten Stelle

$$M_x = 17500\, x - \frac{5\, x \cdot x}{2}.$$

Die Gleichung für die Abfciffe des theoretifchen Endes der letzten Platte ift alfo

$$17500\, x - \frac{5\, x^2}{2} = \frac{900 \cdot 121892 \cdot 2}{74}$$

und giebt $x = 175^{cm}$. Ueber den Punkt, welcher 175^{cm} von Auflagermitte entfernt ift, mufs alfo die letzte Platte noch fo weit nach dem Lager zu hinausgeführt werden, dafs fie aufserhalb diefer Stelle noch von einer Nietreihe in der regelmäfsigen Teilung gefafst wird.

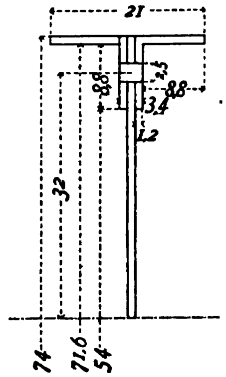


Fig. 606.

321. Anordnung der Niete.

Die Nietteilung der Winkeleifen ergiebt fich nach Teil I, Band 1, zweite Hälfte diefes »Handbuches«, Art. 329 (S. 289 [142]) aus den von den lotrechten Querkräften hervorgerufenen Scherfpannungen zwifchen Winkeleifen und Blechwand, mufs jedoch nur bei niedrigen Trägern berechnet werden.

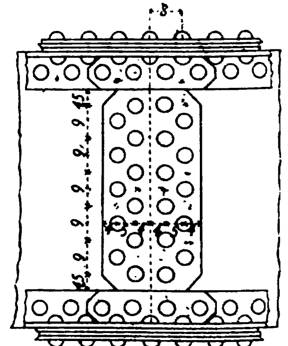
Bei gewöhnlichen Trägern wird man innerhalb der zuläffigen Grenzen bleiben, wenn man die Teilung etwa gleich $6\,d$ macht. Die Teilung wird theoretifch in den lotrechten Winkelfchenkeln und der Wand enger, als in den wagrechten und den Platten. Wenn man alfo die für die lotrechten Schenkel berechnete Teilung durch Verfetzen der Niete auf die wagrechten überträgt, fo hat man jedenfalls ftark genug konftruiert.

Soll die Wand für fehr hohe Träger aus zwei Blechtafeln übereinander zufammengefetzt werden, fo ergiebt fich die Lafchung der wagrechten Fuge gleichfalls nach dem eben genannten Artikel und den im vorhergehenden (Art. 189 bis 218, S. 141 u. 159) gegebenen Regeln; diefe Anordnung ift jedoch höchft felten.

Die Verlafchung von Gurtungsteilen ift zu berechnen, indem man ihren Querfchnitt abzüglich der Nietlöcher als mit der in der oberften Fafer zugelaffenen Spannung voll beanfprucht betrachtet und die Nietung auf die fo ermittelte Kraftgröfse einrichtet. Bezüglich der Form diefer Lafchungen find Fig. 432 bis 435, 466 u. 467 mafsgebend.

Häufig kommen Stöfse der Blechwand in lotrechter Fuge vor, deren genaue Berechnung für die oberen und unteren Teile enge, für die Mitte weite Teilung der Niete ergeben würde. In der Praxis berechnet und bemifst man diefe Verlafchung mit unveränderlicher Nietteilung nach den in Art. 236 (S. 177) gegebenen Regeln, fowie nach den in Art. 217 u. 218 (S. 159) gegebenen über die Nietftellung in doppelten Verlafchungen.

Fig. 607.



Beifpiel. Wäre in dem in den obigen Beifpielen zweimal behandelten Träger in Fig. 606 eine dopppelte Verlafchung der Wand auszuführen an einer Stelle, wo die Spannung wegen Abnahme des Moments

142) 2. Aufl.: Art. 104 (S. 78); 3. Aufl.: Art. 120 (S. 104).

nur noch 700^{kg} für 1^{qcm} in der Kante der Wand beträgt, fo wäre mit Bezug auf Gleichung 174 (S. 177) und Gleichung 175 (S. 178) $s' = 700$, die Tragfähigkeit eines Nietes von $2{,}5^{cm}$ Durchmeffer auf Abfcherung $2 \frac{2{,}5^2 \pi}{4} 700 = 6860^{kg}$, für $t' = 700^{kg}$ auf 1^{qcm}, und auf Laibungsdruck in der $\delta = 1^{cm}$ ftarken Wand $2{,}5 . 1 . 1400 = 3500^{kg}$; fomit $k = 3500^{kg}$, $h = 74^{cm}$, $h_1 = 74 - 2 . 5 = 64^{cm}$, und es ergiebt fich die Nietzahl zu

$$n = \frac{1}{2}\left[\frac{700 . 1 . 74^2}{3500 . 64} - 1 + \sqrt{\left(\frac{700 . 1 . 74^2}{3500 . 64} - 1\right)^2 - 8}\right] = \infty 16.$$

Somit ift eine zweireihige Nietung nötig, da die 16 Nieten nicht in einer Reihe Platz haben. Um die Reihen verfetzen zu können, ift mit Rückficht auf die vollftändige Vernachläffigung der Reibung die Zahl auf 15 befchränkt, und die beiden Reihen von 8 und 7 Nieten find dann etwa wie in Fig. 607 dargeftellt anzuordnen. Dabei verbleiben überall die durch die Regeln über die zweireihige doppelte Verlafchung in Art. 217 (S. 159) verlangten Abftände.

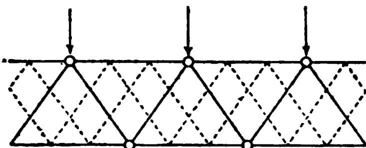
4) Gitterträger.

Gitterträger kommen an Stelle der Blechträger in Anwendung, wenn der Trägerquerfchnitt hoch wird, oder wenn das fchwere Ausfehen der vollen Wand vermieden werden foll. Man verwendet fie aber auch fehr häufig dann, wenn es fich um die Aufnahme einer regelmäfsigen Reihe von Einzellaften (Balken einer Balkenlage) handelt.

322. Anwendung und Geftaltung.

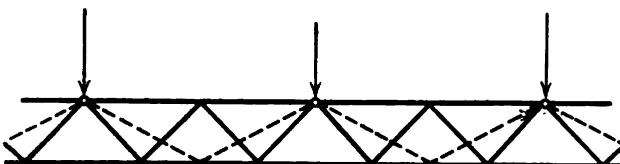
Die gedrückte Gurtung mufs fo fteif fein, dafs fie zwifchen zwei Knotenpunkten nicht lotrecht und im Ganzen nicht wagrecht ausknickt; in letzterer Beziehung ift fie häufig durch anderweitige Bauteile verfteift. Die Entfernung der Knotenpunkte ift demnach höchftens gleich der Länge l_1 eines auf Zerknicken in Anfpruch genommenen Stabes zu wählen, welche aus Gleichung 190 in Art. 283 (S. 205) bei m-facher Sicherheit ($m = 5$) folgt, wenn darin E die Elaftizitätsziffer bezeichnet und wenn P der Druckkraft in der Gurtung und $\mathfrak{J}$ dem kleinften Trägheitsmoment des Gurtungsquerfchnittes gleich gefetzt wird. Dabei find die ganze Gurtungskraft und das Trägheitsmoment des ganzen Querfchnittes einzuführen, wenn die Teile der Gurtung durch Nietung zu einem Ganzen verbunden find. Sind fie voneinander getrennt (z. B. 2 Winkeleifen mit Schlitz), fo ift für jeden einzelnen der auf ihn kommende Teil der Gurtungsfpannkraft und fein kleinftes Trägheitsmoment einzuführen.

Fig. 608.



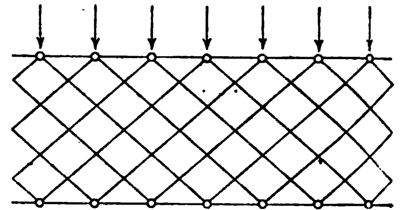
Die Gitterftäbe follen mindeftens etwa 30 Grad gegen die Wagrechte geneigt fein. Ift alfo die Laftteilung mit Rückficht auf Zerknicken als Knotenteilung zuläffig, und bleiben die Stäbe dabei fteiler als 30 Grad, fo wird nur ein Dreiecksnetz von Gitterftäben eingefügt (Fig. 608); kommen dabei aber die Stäbe flacher zu liegen, als 30 Grad, fo hat man noch Knotenpunkte zwifchen die Laftpunkte einzulegen (Fig. 609). Liegen dagegen die Laftpunkte bei grofser Trägerhöhe eng, fo reicht häufig ein Stab noch über den nächften Laftpunkt hinaus, und man kommt dann zum mehrfachen Gitterwerke (Fig. 610).

Fig. 609.



Das Gitterwerk ift r-fach, wenn ein Wandglied $\frac{r}{2}$ Knotenteilungen unterfpannt. Sind die Gitterftäbe fchwach ausgebildet (Bandeifen), fo legt man

zu ihrer gegenseitigen Versteifung auch dann mehrfaches Gitterwerk ein, wenn es nicht durch das Verhältnis der Lastknotenentfernung zur Trägerhöhe bedingt ist (in Fig. 608 gestrichelt).


Fig. 610.

323. Gurtungen.

Für die rechnerische, bezw. zeichnerische Ermittelung der Spannkräfte in den Gurtungen und Gitterstäben der Parallelträger ist in Teil I, Band 1, zweite Hälfte (Abt. II, Abschn. 2, Kap. 2, b: Innere Kräfte der Gitterträger, S. 338 bis 359[143]) dieses »Handbuches« das Erforderliche zu finden.

Der Querschnitt f der Gurtung ergiebt sich aus dem Angriffsmoment an der untersuchten Stelle, wenn h die Höhe zwischen den Gurtungsschwerpunkten und s' die zulässige Spannung bezeichnet, aus den Gleichungen 194 u. 195 (S. 343[144]) des eben genannten Halbbandes zu

$$f = \frac{M}{s' h} \qquad \text{. . . . . 254.}$$

Auch hier können häufig die in der Zusammenstellung auf S. 206 bis 211 angeführten Steifigkeitszahlen c (siehe Gleichung 188, S. 205) Verwendung finden, namentlich dann, wenn der Träger nicht blofs auf Biegung, sondern, wegen eines vorhandenen Längsdruckes, auch auf Zerknicken zu berechnen ist.

324. Beispiele.

Beispiel 1. Die Gurtungen eines Gitterträgers, welcher einem Biegungsmoment von 990000 cmkg ausgesetzt ist, sollen aus Winkeleisen von $8 \times 8 \times 0{,}8$ cm Querschnitt gebildet werden; wie hoch ist der Träger zu machen?

Für Nr. 28 der Zusammenstellung auf S. 211 ist $h = 8$, $c = 0{,}177 + \frac{k}{4}(k - 1{,}148)$, der Abstand der äufsersten Faser $e = \frac{kh}{2}$ und das Trägheitsmoment $\mathcal{J} = 4 f h^2 c$; somit

$$\mathcal{J} = 4 f h^2 \left[0{,}177 + \frac{k}{4}(k - 1{,}146)\right].$$

Darin ist $f = (8 + 7{,}2)\, 0{,}8 = 12{,}2$ qcm. Die Gleichung $M = \frac{s \mathcal{J}}{e}$ lautet hier, wenn die zulässige Spannung $s = 700$ kg ist,

$$990000 = \frac{700 \cdot 4 \cdot 12{,}2 \cdot 8^2 \left[0{,}177 + \frac{k}{4}(k - 1{,}148)\right] 2}{k \cdot 8},$$

woraus $k = 8{,}3$. Die Trägerhöhe $k\,h$ wird also $8 \cdot 8{,}3 = 66{,}4$ cm.

Beispiel 2. Ein Feld einer geraden oberen Gurtung von 5,2 m Länge hat einen Längsdruck von 38000 kg aufzunehmen; aufserdem ruht in der Mitte eine Pfette, welche eine Last von 4000 kg überträgt. Die Befestigung an beiden Enden ist derart, dafs Einspannung nach keiner Richtung angenommen werden kann. Die Gurtung soll I-förmig aus 4 Winkeleisen des Schenkelverhältnisses 1 : 2 nach Nr. 27 der Zusammenstellung auf S. 211 so hergestellt werden, dafs der Querschnitt nach beiden Richtungen voll ausgenutzt wird.

Mit Rücksicht auf seitliches Ausknicken ist der Querschnitt bezüglich der lotrechten Mittelachse nach Gleichung 189 (S. 212) auszubilden, welche bei ($m =$) 5-facher Sicherheit und für $k_1 = 0{,}34$, also $c = 1{,}2231$ lautet:

$$4 f h^2 = \frac{5 \cdot 38000 \cdot 520^2}{10 \cdot 2000000 \cdot 1{,}2231} \quad \text{und} \quad f h^2 = 522.$$

Das leichteste Winkeleisen der bezeichneten Art, das dieser Bedingung genügt hat $6{,}5 \times 13 \times 1$ cm Querschnitt mit $f = 18{,}5$, also $f h^2 = 18{,}5 \cdot 6{,}5^2 = 782$. Die reine Druckspannung ist somit $\frac{38000}{4 \cdot 18{,}5} =$ 514 kg; soll also die höchste Spannung bei der ungünstigen Lastannahme 1000 kg für 1 qcm nicht überschreiten, so ist die zulässige Spannung durch Biegung noch $1000 - 514 = 486$ kg für 1 qcm.

143) 2. Aufl.: Abt. II, Abschn. 3, Kap. 2, b, S. 147 bis 170. — 3. Aufl.: S. 167 bis 203.

144) 2. Aufl.: Gleichungen 208 u. 209 (S. 156). — 3. Aufl.: Gleichungen 212 u. 213 (S. 175 u. 176).

Die Winkeleifen wiegen 14,4 kg für 1 m; daher ift das Trägergewicht für 1 cm, einfchl. eines Zufchlages für die Wandausbildung, welche fpäter allgemein befprochen wird, $4 \frac{14{,}4}{100} + 0{,}024 = 0{,}6$ kg, fomit das gröfste Biegungsmoment in der Mitte bei flacher Lage des Trägers

$$M = \frac{4000 \cdot 520}{4} + \frac{0{,}6 \cdot 520^2}{8} = 540280 \text{ cmkg}.$$

Für die wagrechte Mittelachfe find nun nach Nr. 27 der Zufammenftellung auf S. 212

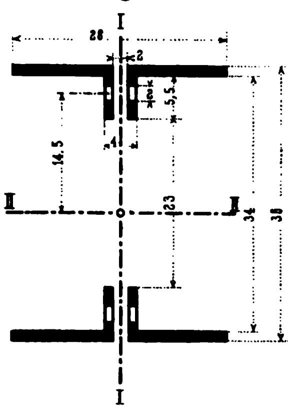
$$\mathcal{J} = 4 \cdot 18{,}5 \cdot 6{,}5^2 \left[0{,}124 + \frac{k}{4}(k - 0{,}928)\right] \text{ und } e = \frac{k \cdot 6{,}5}{2};$$

fomit

$$540280 = \frac{486 \cdot 4 \cdot 18{,}5 \cdot 6{,}5^2 \left[0{,}124 + \frac{k}{4}(k - 0{,}928)\right] 2}{k \cdot 6{,}5},$$

woraus $k = 5{,}457$. Die Gurtungshöhe $k\,h$ ift alfo $5{,}457 \cdot 6{,}5 = 35{,}5$ cm zu wählen. Mit Rückficht darauf, dafs bei der Berechnung auf Biegung die Nietlöcher nicht abgezogen find, foll die Höhe mit 36 cm ausgeführt werden. Die Schlitzweite zwifchen den Winkeleifen ift $0{,}34 \cdot 6{,}5 = 2{,}2$ cm oder rund 2,0 cm.

Fig. 611.



Wird hier, wegen Verwendung der Annäherungsformeln, eine Prüfungsrechnung durchgeführt, fo ergeben fich mit Bezug auf Fig. 611

$$\mathcal{J}^{II} = (28 - 2)\frac{36^3 - 34^3}{12} + 2\frac{34^3 - 23^3}{12} - 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 14{,}5^2 = 18762,$$

$$\frac{\mathcal{J}^{II}}{e} = \frac{18762}{18} = 1042,$$

$$\mathcal{J}^{I} = 2\frac{28^3 - 2^3}{12} + 2 \cdot 5{,}5\frac{4^3 - 2^3}{12} = 3708.$$

Die Druckfpannung ift ohne Abzug der Nietlöcher $\frac{38000}{4 \cdot 18{,}5} = 514$ kg, die Biegungsfpannung $\frac{540280}{1042} = 518$ kg, zufammen 1032 kg für 1 qcm. Die Ueberfchreitung über 1000 kg für 1 qcm erklärt fich aus den Nietabzügen; erfcheint fie unzuläffig, fo ift der Querfchnitt noch etwas höher zu machen.

Die mit Rückficht auf feitliches Ausknicken zuläffige Druckfpannung ift nach Gleichung 187, bezw. 189 (S. 205, bezw. 212)

$$P = \frac{10 \cdot 2000000 \cdot 3708}{5 \cdot 520^2} = 54850 \text{ kg (ftatt } 38000 \text{ kg).}$$

Die zu hohe Tragfähigkeit erklärt fich daraus, dafs bei der Auswahl des Winkeleifens ftark nach oben abgerundet werden mufste, weil die vorhandenen Querfchnitte nicht pafsten und alle fchwächeren zu fchwach waren.

Die Querfchnittsform der Gurtungen ift in der Regel eine der in Fig. 612 bis 617 dargeftellten; die Formen in Fig. 612 u. 613 können mit oder ohne lotrechten Mittelfchlitz angeordnet werden. Ift die Gurtung in Fig. 614 mit Schlitz verfehen und kann Näffe den Träger erreichen, fo mufs die untere Gurtung die Geftalt von Fig. 617 erhalten, damit fich das Waffer im Schlitze nicht anfammelt.

Fig. 612.

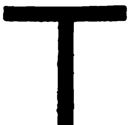


Fig. 613.



Fig. 614.



Fig. 615.

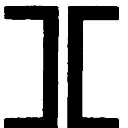


Fig. 616.



Fig. 617.



325. Gitterftäbe.

Das Gitterwerk hat die lotrechten Querkräfte (fiehe S. 317 u. ff. im eben genannten Halbbande [145]) aufzunehmen; hierbei

[145]) 2. Aufl.: S. 126 u. ff.; 3. Aufl.: S. 143 u. ff.

Fig. 618.

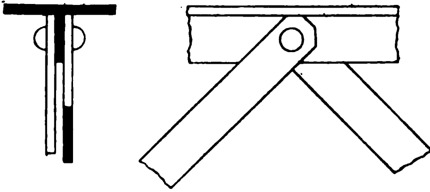


Fig. 619.

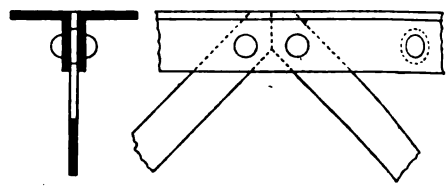
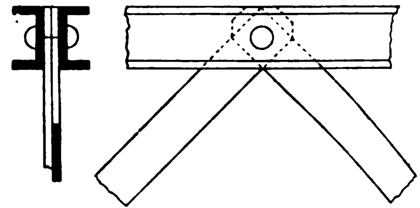


Fig. 620.

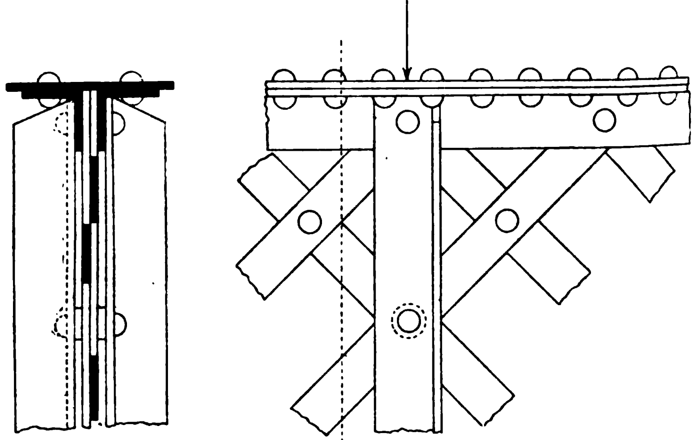


kann angenommen werden, dafs fich die Querkraft gleichmäfsig auf die vom lotrechten Schnitte getroffenen Gitterftäbe verteilt, d. h. bei r-fachem Gitterwerke mufs die lotrechte Seitenkraft der Spannkraft eines Stabes dem r-ten Teile der Querkraft gleich fein. Hiernach laffen fich die Stabfpannungen leicht berechnen, welche der Berechnung des Anfchluffes an die Gurtungen, fowie, wenn fie Druck ergeben, der Berechnung der Stäbe auf Zerknicken zu Grunde zu legen find.

Der Querfchnitt der Gitterftäbe ift bei fehr kurzen das Rechteck (Flacheifen), bei längeren das **L**-, das **⊏**- oder das **T**-Eifen. Mit den Gurtungen und an allen Kreuzungspunkten unter fich werden die Gitterftäbe durch Nietung verbunden.

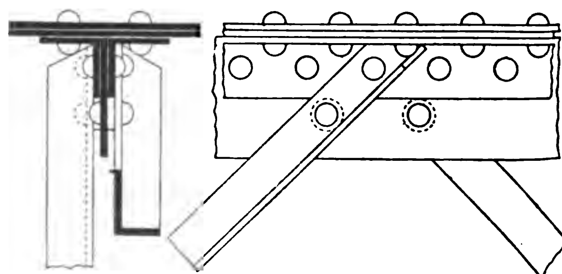
α) Der Gitterträger (Parallelträger) mit Flacheifennetzwerk verlangt in der Regel nur einen Niet im Anfchluffe an die Gurtung und kann mit oder ohne Schlitz in der letzteren konftruiert fein. In Fig. 618 bis 621 find Beifpiele von Knotenpunktverbindungen folcher Träger dargeftellt.

Fig. 621.



In Fig. 619 find der enge Schlitz und das Aufgeben des ftrengen Dreiecksverbandes Mängel. Fig. 621 zeigt die Anordnung einer lotrechten Ausfteifung, welche bei Flacheifennetzwerk gröfserer Träger unter jedem Laftpunkte, fowie über den Auflagern angebracht fein mufs.

Fig. 622.



Die Querfchnittsabmeffungen folcher Gitterftäbe gehen felten über 1 cm Dicke und 6 bis 8 cm Breite hinaus.

Fig. 623.

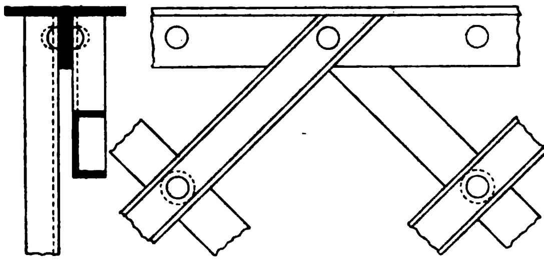
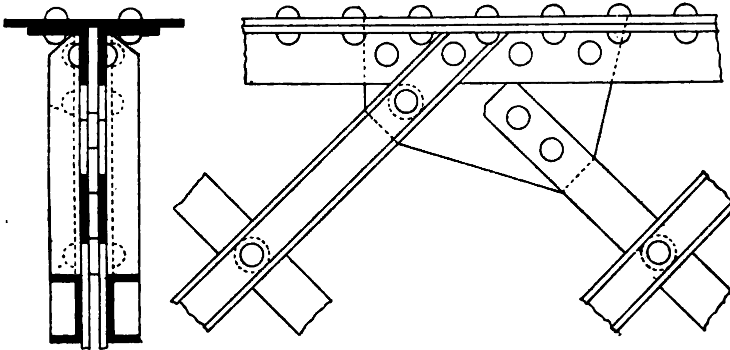


Fig. 624.



β) Der Gitterträger mit fteifen Stäben aus L- oder C-Eifen wird bei grofsen Höhen, wo die Gitterftäbe erheblichen Druckkräften ausgefetzt find, neuerdings aber überhaupt dem unter α befprochenen vorgezogen; jedoch ftellt man auch hier die Stäbe, die nur Zug erhalten können, wohl aus Flacheifen her.

Bei gröfseren derartigen Trägern genügt für den Anfchlufs eines Gitterftabes an die Gurtung ein Niet (Fig. 623) nicht mehr, und daher werden unter Umftänden Knotenbleche erforderlich (Fig. 511, S. 190 u. Fig. 624). Die einfachften Formen laffen fich aus Fig. 618 bis 621 dadurch ableiten, dafs man die Flacheifen durch L- oder C-Eifen erfetzt, dabei aber die etwa vorhandenen lotrechten Steifen wegläfst. Anderweitige Anordnungen zeigen Fig. 622 bis 624. Die gedrückten, von einem gezogenen gekreuzten Gitterftäbe können als im Kreuzungspunkte gegen Zerknicken ausgefteift angefehen werden.

c) Auflager der Träger.

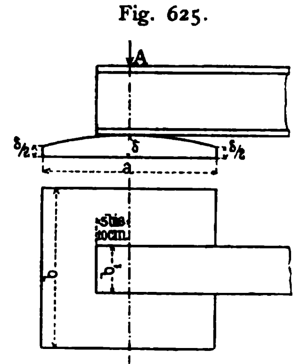
Die Auflager der Träger erfordern in der Regel befondere Vorkehrungen. Die Auflagerflächen der Träger felbft find gewöhnlich fo fchmal und, um an Trägerlänge zu fparen, fo kurz, dafs in der geringen Auflagerfläche der für Mauerwerk zuläffige Druck überfchritten wird. Die Träger zum Zwecke der Erzielung gröfserer Lagerflächen zu verlängern, hat keinen Zweck, da der hintere Teil diefer Flächen wegen der Durchbiegung der Träger wenig oder keine Preffung erhält, alfo nutzlos bleibt. Das nächfte Verftärkungsmittel befteht in der Erhöhung der zuläffigen Preffung auf die Untermauerung durch Herftellung eines Trägerlagers in Klinkern und Zement, beffer in Hauftein. Aber auch dies genügt nur in der Minderzahl der Fälle; meift ift man gezwungen, zwifchen Träger und Mauerwerk eine Druckverteilungsplatte aus Gufseifen einzulegen, deren Vorderkante mindeftens 3 cm von der Mauerkante abftehen foll, um das höchft gefährliche Verkanten der durchgebogenen Träger und die daraus folgende überwiegende Uebertragung des Lagerdruckes auf die Mauerkante zu verhindern.

326. Druckverteilungsplatten.

Um den Träger nicht zu lang zu erhalten und die Wand nicht zu fehr zu fchwächen, macht man diefe Lagerplatten kurz, aber breit. Für möglichft fparfame Ausbildung der Platten an fich ergeben fich die Abmeffungen nach folgendem.

Bedeutet A (Fig. 625) den gröfstmöglichen Lagerdruck (in Kilogr.), σ_1 die zuläffige Preffung auf 1 qcm zwifchen Lagerplatte und Mauerwerk (in Kilogr.[146]), σ_e die zuläffige Zugfpannung des Stoffes, aus dem die Platte gebildet wird (in Kilogr. für 1 qcm), b_1 die Breite des zu lagernden Trägers (in Centim.), δ die Dicke der gewölbten Platte in der Mitte (in Centim.), a die Länge der Platte in der Trägerrichtung (in Centim.), b die Breite der Platte quer zum Träger (in Centim.); macht man ferner nach Fig. 625 die Randftärke der prismatifchen Platte gleich $\frac{\delta}{2}$, um durch die entftehende gewölbte Plattenform den Lagerdruck auch bei Durchbiegung des Trägers faft genau in der Plattenmitte zu halten; fo beftimmen fich die Plattenabmeffungen nach den Gleichungen

Fig. 625.



$$b^3 (b - b_1) = 0{,}66 \left(\frac{A}{\sigma_1}\right)^2; \quad \ldots \quad 255.$$

$$a = 1{,}23 \sqrt{b (b - b_1)}; \quad \ldots \quad 256.$$

$$\delta = 0{,}775 \sqrt{\frac{A}{\sigma_e} \frac{a}{b}} \quad \ldots \quad 257.$$

Von diefen Gleichungen ift zuerft 255 nach b durch Verfuchen zu löfen, was dadurch erleichtert wird, dafs man einen zu kleinen Annäherungswert aus

$$b > 0{,}9 \sqrt{\frac{A}{\sigma_1}} \quad \ldots \quad 258.$$

finden kann. Ift b gefunden, fo ergeben fich a und δ nach den Gleichungen 256 u. 257.

Beifpiel. A fei gleich 30000 kg, σ_1 (für gutes Backfteinmauerwerk) = 8 kg auf 1 qcm, σ_e (für Gufseifen) = 250 kg auf 1 qcm und b_1 = 20 cm. Alsdann ift zunächft nach Gleichung 258

$$b > 0{,}9 \sqrt{\frac{30000}{8}} > 55{,}2 \text{ cm};$$

die genaue Löfung für b ergiebt fich nach Gleichung 255: b = 61 cm. Nach Gleichung 256 ift dann

$$a = 1{,}23 \sqrt{61 (61 - 20)} = 61{,}5 \text{ cm}$$

und nach Gleichung 257

$$\delta = 0{,}775 \sqrt{\frac{30000}{250} \frac{61{,}5}{61}} = 8{,}5 \text{ cm}.$$

Die Randftärke der Platte ift mit $\frac{\delta}{2} = \frac{8{,}5}{2} = 4{,}3$ cm auszuführen.

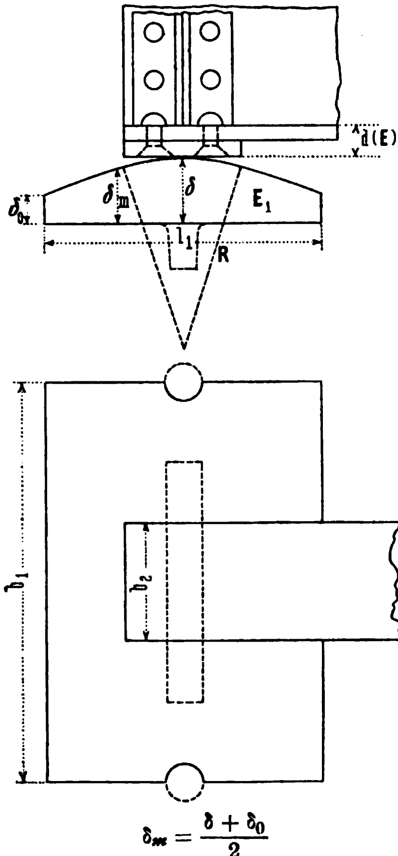
Ift diefe im allgemeinen befte Ausbildung der Platten mit Rückficht auf den zur Verfügung ftehenden Platz, namentlich in Richtung der Mauerftärke, alfo der Trägerlänge, nicht durchführbar, fo treten die folgenden Regeln ein.

Die Länge l_1 (Fig. 626) verhält fich zur Breite b_1, wie 1 : 2 bis 3 : 4, oder folgt mit einem feftftehenden Werte aus dem in Richtung der Mauerftärke verfügbaren Mafse. In der Mitte der Länge macht man die Plattendicke wie bei der oben befprochenen Form gröfser, als am Vorder- und Hinterrande, um den Auflagerdruck auch bei Durchbiegungen der Träger annähernd in der Plattenmitte zu halten; der Scheitel der fo entftehenden Gegenneigungen wird mit dem Halbmeffer R abgerundet; die Randftärke beträgt mindeftens 1,5 cm. Ift σ_1 die zuläffige Preffung für das Mauerwerk, b_2 die Breite des zu unterftützenden Trägers, A der

[146]) Vergl. Fufsnote 122, S. 229.

gröfste Auflagerdruck, δ die Plattendicke in der Mitte, δ_m die gemittelte Stärke der Lagerplatte aus Mitte und Rand, b_1 ihre Breite, l_1 ihre Länge, fo mufs zunächft $\sigma_1\, b_1\, l_1 = A$ Kilogr. fein; daraus find b_1 und l_1 zu beftimmen, wenn man ihr Verhältnis oder eine von diefen Gröfsen fo annimmt, wie es den Verhältniffen des Falles entfpricht; δ und δ_1 ergeben fich aus den Formeln (worin A in Kilogr.)

Fig. 626.



$\delta_m = \frac{\delta + \delta_0}{2}$

$$\delta = \left(0{,}055 \sqrt{A \frac{l_1}{b_1}}\right) \text{ Centim.} \quad . \quad 259.$$

und

$$\delta_m = \left(0{,}055 \sqrt{A \frac{b_1 - b_2}{l_1}}\right) \text{ Centim.}; \quad 260.$$

aus der angenommenen Randftärke und der gemittelten Plattendicke δ_m folgt ein zweiter Wert für δ; der gröfsere der beiden Werte δ ift auszuführen.

Die Wölbung gufseiferner Platten kann nach der folgenden Gleichung feftgelegt werden.

Ift A der gröfste Auflagerdruck und b_2 die Breite, mit der der Träger auf der Platte liegt, fo berechne man zuerft den Druck $P = \frac{A}{b_2}$ für die Breiteneinheit; läfst man dann für Gufseifenplatten eine höchfte Preffung von s Kilogr. für 1 qcm im Scheitel der Wölbung zu, ift d die Dicke der auf dem Lager liegenden Platte, alfo gegebenenfalls die Dicke des Trägerflanfches, E die Elaftizitätszahl des aufzulagernden Körpers und E_1 diejenige der Gufsplatte; fo ift zu machen

$$R = \frac{9 \cdot P^2 \cdot E \cdot E_1}{32\,(d E_1 + \delta E)\, s^3}; \quad . \quad 261.$$

darin kann s für Gufseifen mit 1200 kg für 1 qcm, für Schweifseifen mit 2400 kg für 1 qcm und für Stahl mit 4000 kg für 1 qcm unbedenklich angenommen werden, da es fich nur um eine örtlich fehr befchränkte Spannung handelt.

Das Verlegen der Lagerplatten gefchieht bei hohen Preffungen auf Walzblei, gewöhnlich auf Zementmörtel des Mifchungsverhältniffes 1 : 2 bis 1 : 3. Um Verfchiebungen durch wagrechte Kräfte zu verhindern, giefst man meift Rippen auf die Unterfeite der Platte, wie in Fig. 626 angedeutet ift. Die für folche Rippen in die Unterftützung einzuhauenden Nuten beeinträchtigen aber die Lagerfläche und find fchwer fo zu fchliefsen, dafs die Rippen ganz ficher feftgelegt werden. Beffer ift deshalb das Feftlegen der Platten durch in die Plattenränder eingelaffene kreisförmige Dollen, die gleichfalls in Fig. 626 angegeben find. Im Einzelfalle verwendet man nur eines der beiden Mittel. Bei ausfchliefslich oder nahezu ausfchliefslich lotrecht belafteten Platten bleiben Rippen und Dollen am beften beide weg. 327. Feftlegung der Lagerplatten.

Die Einfpannung der Träger in den Auflagern, d. h. das Erzwingen unverändert wagrechter Lage der Enden der Mittellinie auch bei Durchbiegungen, bietet bekanntlich ein Mittel, die Träger in den gefährlichen Mittelquerfchnitten zu entlaften; 328. Einfpannung der Träger.

bei Trägern auf zwei oder mehr Stützen ift jedoch diefe Endeinfpannung nicht zu erreichen, weil die Nachgiebigkeit der Wände, wie diejenige des Trägers grofs genug ift, um auch ganz eingemauerten Trägern das geringe Mafs von Verdrehung zu geftatten, welches von der Durchbiegung bedingt wird. Selbftverftändlich tritt beim eingemauerten Träger ftets ein gewiffes, von der Elaftizitätsziffer der Stoffe der Wand und des Trägers abhängiges Einfpannungsmoment auf; man wird den Träger aber ftets zu fchwach berechnen, wenn man von der Annahme unveränderlicher Lage der Mittellinie in den Auflagern ausgeht, und es empfiehlt fich daher, von der Berückfichtigung der Endeinfpannung bei der Berechnung von Trägern auf mehreren Stützen ganz abzufehen[147]).

Dagegen beruht die Standfeftigkeit der Krag- oder Freiträger, welche nur mit einem Ende in einer ftarken Mauer eingefpannt, fonft frei find, ganz allein auf der Einfpannung, und die Verdrückungen der Lager, welche hier ebenfo eintreten, haben dann das Durchhängen des Trägers zur Folge.

329. Eingemauerte Kragträger.

Die Einfpannung folcher Kragträger kann durch einfaches Einmauern oder durch Einlagern zwifchen Druckplatten erfolgen.

Fig. 627.

Ift die zuläffige Belaftung des umgebenden Mauerwerkes auf 1 qcm wieder σ_1, die Länge der Einmauerung l, die Trägerbreite b, die thatfächliche Preffung auf der Lagervorderkante σ, der Abftand des Preffungsnullpunktes von der Lagervorderkante a, das Biegungsmoment aller äufseren Kräfte in der Lagervorderkante M und die lotrechte Querkraft dafelbft V, fo beftehen zwifchen l, a, b, σ und σ_1 die folgenden Beziehungen (Fig. 627):

Die erforderliche Einmauerungslänge zur Erzielung der zuläffigen Kantenpreffung σ_1 ift

$$l = \frac{2V + \sqrt{6 M \sigma_1 b + 4 V^2}}{\sigma_1 b} \quad \ldots \quad 262.$$

Die Stelle, wo keine Preffung auftritt, liegt hinter Lagervorderkante um

$$a = l \frac{2Vl + 3M}{3Vl + 6M} \quad \ldots \quad 263.$$

Die bei der Einmauerungslänge l zur Erzielung der zuläffigen Kantenpreffung σ_1 erforderliche Träger- oder Plattenbreite ift

$$b = 2 \frac{2Vl + 3M}{\sigma_1 l^2} \quad \ldots \quad 264.$$

Die bei der Einmauerungslänge l und der Druckflächenbreite b entftehende gröfste Kantenpreffung beträgt

$$\sigma = 2 \frac{2Vl + 3M}{b l^2} \quad \ldots \quad 265.$$

147) Vergl. hierüber: BRICK, J. E. Ueber die praktifche Unzuläffigkeit der Annahme »horizontaler Einfpannung« der im Hochbaue verwendeten und an den Auflagern übermauerten Eifenträger. Wochfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1887, S. 161.

Der Punkt, in welchem das gröfste Biegungsmoment M_{max} auftritt, liegt hinter der Lagervorderkante um

$$y = \frac{V l^2}{3 V l + 6 M}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 266.$$

und diefes gröfste Moment ift dann

$$M_{max} = M + V \cdot y - \frac{b \sigma_1 y^2}{6} \left(3 - \frac{y}{a}\right). \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 267.$$

Es ift nicht zu empfehlen, die Lagervorderkante in die Mauerkante zu legen; man bringe vielmehr zwifchen Träger und Mauerwerk eine Lage von reinem Zement oder eine gut verlegte Eifenplatte an, welche nicht ganz bis zur Mauerkante reicht, damit die Mauerkante von der gröfsten Preffung befreit und die Möglichkeit einer gewiffen Preffungsverteilung im Mauerwerke offen gehalten wird. Das Mafs d (Fig. 627) foll je nach Laft und Länge des Trägers etwa 4 bis 8 cm betragen.

Beifpiel. Vor einer ftarken Mauer mit 5 m Fenfterteilung foll ein auf Kragträgern in den Mitten der Fenfterpfeiler ruhender Laufgang angebracht werden, deffen Breite bis Geländermitte von der Einfpannungslinie an 150 cm beträgt. Der Fufsboden foll in der ganzen Länge in die Wand und auf einen im Geländer über den Kragträgerenden untergebrachten Längsträger gelagert werden. Der Fufsboden wiegt 250 kg für 1 qm und trägt 250 kg für 1 qm; das hölzerne Geländer ift 1,10 m hoch und durchfchnittlich 0,15 cm ftark.

Die Laft auf einem Kragträgerende beträgt alsdann:

aus Fufsboden und Belaftung $5 \cdot 1{,}5 \cdot \frac{1}{2} (250 + 250) = 1875$ kg,

aus dem Geländer $5 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}15 \cdot 700 = 578$ »

zufammen $V = 2453$ kg;

alfo das Moment an der Einfpannungsftelle $M = 150 \cdot 2453 = 367950$ cmkg.

Wird in den Trägern 1000 kg Spannung für 1 qcm zugelaffen, fo ift das erforderliche Widerftandsmoment $\frac{367950}{1000} = 368$. Um an Höhe zu fparen und gleichzeitig eine grofse Auflagerbreite b zu erhalten, follen zwei Träger nebeneinander gelegt werden. Obigem Widerftandsmoment würden zwei I-Träger Nr. 19 mit $2 \cdot 187 = 374$ entfprechen; wegen der Vergröfserung des Momentes in der Wand mufs jedoch der nächft ftärkere Träger Nr. 20 gewählt werden, deffen Breite 9 cm beträgt.

Somit ift $b = 2 \cdot 9 = 18$ cm; das Mauerwerk am Träger wird in Klinkern und Zementmörtel ausgeführt; alsdann ift $\sigma_1 = 14$ kg für 1 qcm, und nach Gleichung 260 wird

$$l = \frac{2 \cdot 2453 + \sqrt{6 \cdot 367950 \cdot 18 \cdot 14 + 4 \cdot 2453^2}}{18 \cdot 14} = 115 \text{ cm}.$$

Wird $d = 6$ cm gemacht, fo fteckt der Träger hiernach 121 cm in der Wand, und die Geländermitte liegt $15 - 6 = 144$ cm vor der Wand.

Die Stelle des gröfsten Biegungsmoments liegt nach Gleichung 266 hinter der Lagervorderkante um

$$y = \frac{2453 \cdot 115^2}{3 \cdot 2453 \cdot 115 + 6 \cdot 367950} = 10{,}6 \text{ cm},$$

die Stelle des Preffungsnullpunktes nach Gleichung 263 um

$$a = 115 \, \frac{2 \cdot 2453 \cdot 115 + 3 \cdot 367950}{3 \cdot 2453 \cdot 115 + 6 \cdot 367950} = 62{,}9 \text{ cm},$$

und das gröfste Moment beträgt nach Gleichung 267

$$M_{max} = 367950 + 2453 \cdot 10{,}6 - \frac{18 \cdot 14 \cdot 10{,}6^2}{6} \left(3 - \frac{10{,}6}{62{,}9}\right) = 380650 \text{ cmkg}.$$

Die Spannung in zwei I-Eifen Nr. 20 ift fomit $\frac{380650}{2 \cdot 216} = 882$ kg für 1 qcm. Wären die beiden I-Träger Nr. 19 beibehalten, fo wäre $b = 2 \cdot 8{,}6 = 17{,}2$, alfo nach Gleichung 262

$$l = \frac{2 \cdot 2453 + \sqrt{6 \cdot 367950 \cdot 14 \cdot 17{,}2 + 4 \cdot 2453^2}}{14 \cdot 17{,}2} = 118{,}5 \text{ cm};$$

nach Gleichung 266

$$y = \frac{2453 \cdot 118{,}5^2}{3 \cdot 2453 \cdot 118{,}5 + 6 \cdot 367\,950} = 11{,}2\,\text{cm};$$

ferner nach Gleichung 263:

$$a = 118{,}5 \frac{2 \cdot 2453 \cdot 118{,}5 + 3 \cdot 367\,950}{3 \cdot 2453 \cdot 118{,}5 + 6 \cdot 367\,950} = 65\,\text{cm},$$

und nach Gleichung 267

$$M_{max} = 367\,950 + 2453 \cdot 11{,}2 - \frac{17{,}2 \cdot 14 \cdot 11{,}2^2}{6}\left(3 - \frac{11{,}2}{65}\right) = 381\,150\,\text{cmkg}.$$

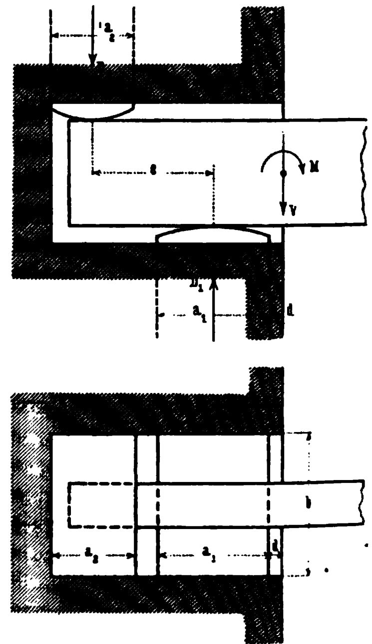
Die Spannung in zwei I-Trägern Nr. 19 wäre alfo $\frac{381\,150}{2 \cdot 187} = 1019$ kg für 1 qcm, die auch gegenüber der Feftfetzung von 1000 kg für 1 qcm noch als zuläffig zu betrachten ift. Die beiden Trägerftücke find fomit aus I-Eifen Nr. 19, und zwar je $118{,}5 + 150 + \frac{15}{2} = 276$ cm lang, zu fchneiden.

Diefes Beifpiel eines allerdings fchwer belafteten Freiträgers zeigt, dafs die Einmauerung nicht felten eine unbequeme Tiefe erreicht, welche nur in aufsergewöhnlich ftarken Mauern Platz findet.

330. Einfpannung des Kragträgers zwifchen Druckplatten.

Ein Mittel, den Trägereingriff in die Wand kürzer und zugleich die Verteilung der Kräfte auf das Mauerwerk beffer zu machen, bietet die Einfpannung des Kragträgers zwifchen Druckplatten, da man hier durch Wahl einer grofsen Breite b der Platten das Mafs e und die Plattenlängen a_1 und a_2 (Fig. 628) gering halten kann. b ift für beide Platten gleich zu machen, da die Wandnifche jedenfalls rechteckig gebildet wird, und b ift fo anzunehmen, dafs es fich dem Mauerverbande bequem einfügt; auch e ift den Verhältniffen, namentlich der Mauerftärke, entfprechend zu wählen. Die erfte Annahme über b und e ift durch eine zweite zu erfetzen, wenn die Rechnung die erfte als unzweckmäfsig erweifen follte.

Fig. 628.



In die Mauer können unter und über den Druckplatten Auflagerquader eingefetzt werden.

Mit Rückficht auf die Bezeichnungen in Fig. 628 find, bei der zuläffigen Preffung σ_1 zwifchen Platten und Mauerwerk,

$$a_2 = \frac{V\left(d + \frac{V}{2 b \sigma_1}\right) + M}{b e \sigma_1 - \frac{V}{2}} \quad \text{und} \quad a_1 = a_2 + \frac{V}{b \sigma_1}; \quad \ldots \quad 268.$$

$$D_2 = b a_2 \sigma_1 \quad \text{und} \quad D_1 = b a_1 \sigma_1 \quad \ldots \quad 269.$$

Das gröfste Moment, für welches der Träger einzurichten ift, beträgt

$$M_{max} = D_2 e \quad \ldots \quad 270.$$

Die Druckplatten felbft find nach Ermittelung von D_1 und D_2 aus Gufseifen genau nach den Regeln zu bilden, welche in Art. 326 (S. 261) zu Fig. 625 u. 626 gegeben wurden.

Beifpiel. Wird für den Fall, welcher im letzten Beifpiele behandelt wurde, beftimmt, dafs b der Breite von $1^1/_2$ Stein = 38 cm entfprechen und $e = 30$ cm fein foll, dafs ferner das Mauerwerk an den

Druckplatten in Klinkern und Zementmörtel mit $\sigma_1 = 14^{kg}$ für 1 qcm ausgeführt wird, fo mache man nach Gleichung 268

$$a_2 = \frac{2453\left(6 + \frac{2453}{2 \cdot 38 \cdot 14}\right) + 367950}{38 \cdot 30 \cdot 14 - \frac{2453}{2}} = 26{,}4^{cm},$$

$$a_1 = 26{,}4 + \frac{2453}{38 \cdot 14} = 31{,}0^{cm}.$$

Die ganze Tiefe der Trägernifche wird dann $6 + \frac{31}{2} + 30 + \frac{26{,}4}{2} = 64{,}7^{cm}$ gegen $118{,}5^{cm}$ im vorigen Falle. Nach Gleichung 269 ift $D_2 = 26{,}4 \cdot 38 \cdot 14 = 14044^{kg}$ und $D_1 = 31 \cdot 38 \cdot 14 = 16492^{kg}$. Auf diefe Drücke find die beiden Druckplattendicken nach Gleichung 255 bis 261 (S. 262 und 263) einzurichten. Das gröfste im Träger vorkommende Biegungsmoment ift nach Gleichung 270: $D_2 e = 14044 \cdot 30 = 421320^{cmkg}$. Bei 1000^{kg} Beanfpruchung für 1 qcm ift alfo ein I-Träger Nr. 26, oder es sind zwei Nr. 20 erforderlich. Die Druckverteilung ift nun zwar eine fehr fichere und gute; das gröfste Moment ift aber durch die Verlegung des erften Stützpunktes weit in die Mauer hinein wefentlich vergröfsert.

Beim Aufftellen des Trägers wird die Platte auf kleinen Eifenkeilen mindeftens 1,5 cm hohl gelegt und forgfältig mit Zement vergoffen, fo dafs fie voll aufruht. Nur oben liegende Druckplatten, wie in Fig. 608, werden ohne weiteres in Zementmörtel fatt übermauert. Die Druckplatte greift bei fchweren Trägern mit einem Anfatze in ein in das Mauerwerk geftemmtes Loch, welches fich beim Vergiefsen nach Art. 327 (S. 263) nur fchwer füllt. (Vergl. auch das Trägerlager in Fig. 640, S. 275.) Namentlich bei Verwendung von Lagerquadern bildet das Einlegen dünner Walzbleiplatten ein gutes Mittel zur Erzielung gleichmäfsiger Druckverteilung. 331. Lagerung.

Ganz kleine Träger legt man ohne weiteres auf diefe Platten. Bei gröfseren wird, wenn fie nicht zur Verankerung der Aufsenwände des Gebäudes dienen follen, das eine Lager dadurch feftgemacht, dafs man durch die untere Gurtung in die Lagerplatte bohrt und in das Loch einen Eifenftift fchlägt; das andere Lager bleibt frei beweglich.

Eiferne Träger zur Verankerung der Gebäudemauern zu benutzen, ift nicht ratfam, da die ftarken Längenänderungen bei Wärmefchwankungen das Mauerwerk hin und her rütteln.

Alle Lager, bei denen der Träger ohne weiteres auf der Platte ruht, haben den Nachteil, dafs fich die volle Reibung folcher Lager, welche in günftigen Fällen das 0,2fache der Lagerbelaftung, meift noch mehr beträgt, als wagrechte, umftürzende Kraft auf die Mauern überträgt. Da nun aber die Wände fehr oft für die Aufnahme erheblicher wagrechter Kräfte zu fchwach find, fo kommt es bei fchwer belafteten Trägern oft darauf an, die Reibung der Lager zu vermindern, damit kleinere wagrechte Kräfte entftehen. Das befte Mittel zur Erreichung diefer Reibungsverminderung befteht in der Verwandelung der gleitenden in rollende Reibung mittels Einlegens einer möglichft langen Rolle zwifchen Träger und Lagerplatte. 332. Rollenlager.

Die Konftruktion eines folchen Lagers ift in Fig. 629 u. 630 dargeftellt; die einzelnen Mafse werden in folgender Weife beftimmt. Aus den Verhältniffen des zu lagernden Trägers folgen zunächft die Abmeffungen l_1 und b_1 der unter den Träger zu nietenden Lagerplatte. l_1 ift fo klein zu wählen, wie es das Unterbringen genügender Niete in den Teilen des Trägers nur irgend zuläfst; b_1 foll dagegen fo grofs wie möglich gemacht werden; doch ift zu betonen, dafs erhebliche Verbreiterung der Lagerplatte über die Breite der Trägerteile hinaus nicht viel Zweck hat, da fich die zu weit vorfpringenden Ränder der dünnen Platte aufbiegen, alfo nicht mehr zur

Druckverteilung beitragen. Zweck der Wahl eines möglichst grofsen b_1 ist die Erzielung einer grofsen Rollenlänge b_2. Die untergenietete Lagerplatte wird 12 bis 15 mm dick gemacht. Befonders grofs wird b_1 bei zweiteiligen Gurtungen, z. B. bei Fig. 605 (S. 253),

Fig. 629.

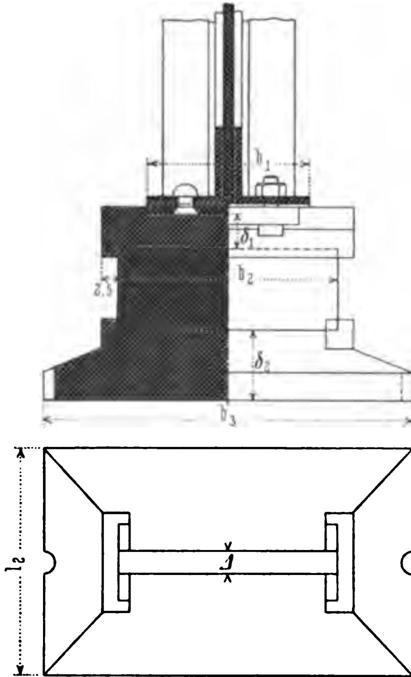
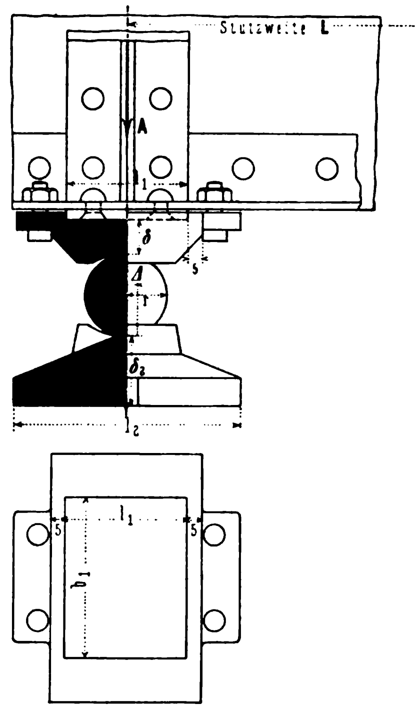


Fig. 630.



Die Lagerplatte legt fich in eine paffende Vertiefung der Rollendeckplatte, deren vorfpringende Ränder fo niedrig zu halten find, dafs fie 2 bis 3 mm Spiel gegen die Trägerunterfläche behalten, damit fie keinesfalls Druck aufnehmen können.

Nach Feftlegen diefer Mafse folgt dasjenige der Rollenlänge b_2 nach

$$b_2 = \frac{b_1 - 5}{2} + \sqrt{\left(\frac{b_1 + 5}{2}\right)^2 + l_1 (l_1 + 10)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 271.$$

Wird nun noch die in den Platten zuläffige Biegungfpannung mit s_g bezeichnet, fo ift weiter

$$\delta_1 = 0{,}865 \sqrt{\frac{A\, l_1}{s_g\, (b_2 + 5)}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 272.$$

Hierauf erfolgt die Feftftellung der Abmeffungen der Rollengrundplatte für b_3 nach

$$b_3^{\,3}\, (b_3 - b_2) = 0{,}66\, \frac{A^2}{\sigma_1^{\,2}}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 273.$$

für deren Löfung ein vorläufiger Näherungswert aus

$$b_3 > 0{,}9 \sqrt{\frac{A}{\sigma_1}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 274.$$

zu entnehmen ift, und für l_2 nach

$$l_2 = \frac{A}{\sigma_1\, b_3}; \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 275.$$

weiter ist

$$\delta_2 = 0{,}866 \sqrt{\frac{A\, l_2}{s_g\, b_3}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 276.$$

In den letzten Gleichungen bezeichnet σ_1 die zulässige Pressung auf die Unterstützung der Rollengrundplatte; die entsprechenden Werte sind in Fußnote 122 (S. 229) angegeben. Wird nun noch die zulässige Pressung zwischen der Rolle und den Platten mit s_1, die Elastizitätszahl des Stoffes der Platten mit E und diejenige des Stoffes der Rolle mit E_1 bezeichnet, so ist der Rollenhalbmesser r zu bestimmen nach

$$\left.\begin{aligned} r &= \sqrt{\left(\frac{\delta_1 E_1}{4 E}\right)^2 + \frac{9 A^2 E_1}{64\, b_2^2\, s_1^3}} - \frac{\delta_1 E_1}{4 E} \\ \text{und } r &= \sqrt{\left(\frac{\delta_2 E_1}{4 E}\right)^2 + \frac{9 A^2 E_1}{64\, b_2^2\, s_1^3}} - \frac{\delta_2 E_1}{4 E}, \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad 277.$$

und zwar ist der größere dieser beiden Werte auszuführen.

Die wagrechte Rollenbahn, welche beiderseits durch cylindrische Anschläge des Halbmessers r begrenzt wird, erhält die Breite

$$\Delta = 0{,}0000185\, t \,.\, L, \quad \ldots\ldots\ldots \quad 278.$$

welche also nach der Stützweite L und der größten zu berücksichtigenden Wärmeschwankung t bemessen wird.

Für gewöhnliche Fälle haben die in den Gleichungen vorkommenden Größen die folgenden Werte:

bezüglich σ_1 vergl. Art. 299 und Fußnote 122 (S. 229);

s_g	für Gußeisen	250 kg	für 1 qcm,	für Stahlguß	1200 kg	für 1 qcm;
s_1	» »	1500 kg	» 1 qcm,	» Stahl	4000 kg	» 1 qcm;
E und E_1	» »	1000000 kg	» 1 qcm,	» »	2100000 kg	» 1 qcm;

$t = 40$ bis 60 Grad C.

Beispiel. Für einen Träger von $L = 12^{m}$ Stützweite ist ein Lager zu entwerfen, das im stande ist, den Lagerdruck $A = 20\,t$ auf gewöhnliches Mauerwerk ($\sigma_1 = 8^{kg}$ für 1^{qcm}) zu verteilen. Die Gurtungsbreite b_1 betrage 17^{cm}, und die Länge der Lagerplatte l_1 wird mit Rücksicht auf die Nietung auf 12^{cm} Länge bemessen. Die Platten bestehen aus Gußeisen; also ist $s_g = 250^{kg}$ für 1^{qcm}; die Rolle ist aus Rundstahl; s_1 ist nach dem schwächeren der beiden Stoffe mit 1200^{kg} für 1^{qcm} anzunehmen. Der vorzusehende Wärmewechsel beträgt 60 Grad.

Nach Gleichung 271 ist

$$b_2 = \frac{17-5}{2} + \sqrt{\left(\frac{17+5}{2}\right)^2 + 12\,(12+10)} = 25{,}6^{cm},$$

nach Gleichung 272:

$$\delta_1 = 0{,}865 \sqrt{\frac{20000 \,.\, 12}{250\,(25{,}6+5)}} = 4{,}8^{cm}.$$

Die Näherungslösung für Gleichung 273 aus Gleichung 274 ist

$$b_3 > 0{,}9 \sqrt{\frac{20000}{8}} = 45^{cm};$$

durch Versuchen ergiebt sich die richtige Lösung mit $b_3 = 53{,}2^{cm}$ nach Gleichung 273, und l_2 wird dann nach Gleichung 275 gleich $\frac{20000}{8 \,.\, 53{,}2} = 47^{cm}$; danach die Dicke nach Gleichung 276

$$\delta_2 = 0{,}866 \sqrt{\frac{20000 \,.\, 47}{250 \,.\, 53{,}2}} = 7{,}3^{cm}.$$

Aus Gleichung 277 folgt

$$r = \sqrt{\left(\frac{4{,}8 \,.\, 2100000}{4 \,.\, 1000000}\right)^2 + \frac{9 \,.\, 20000^2 \,.\, 2100000}{64 \,.\, 25{,}6^2 \,.\, 1200^3}} - \frac{4{,}8 \,.\, 2100000}{4 \,.\, 1000000} = \backsim 8^{cm}$$

und

$$r = \sqrt{\left(\frac{7{,}8 \cdot 2100000}{4 \cdot 1000000}\right)^2 + \frac{9 \cdot 20000^2 \cdot 2100000}{64 \cdot 25{,}6^2 \cdot 1200^3}} - \frac{7{,}3 \cdot 2100000}{4 \cdot 1000000} = 7{,}1\,^{cm};$$

alfo ift der erftere Wert $r = 8{,}0\,^{cm}$ auszuführen. Die Breite der Rollenbahn beträgt für $L = 12\,^{m}$ nach Gleichung 278:

$$\Delta = 0{,}0000185 \cdot 60 \cdot 1200 = 1{,}33\,^{cm}.$$

Zur Erzielung kleinerer Rollenhalbmeffer empfiehlt fich die Verwendung von Gufsftahl ftatt Gufseifen für die beiden die Rolle einfchliefsenden Platten.

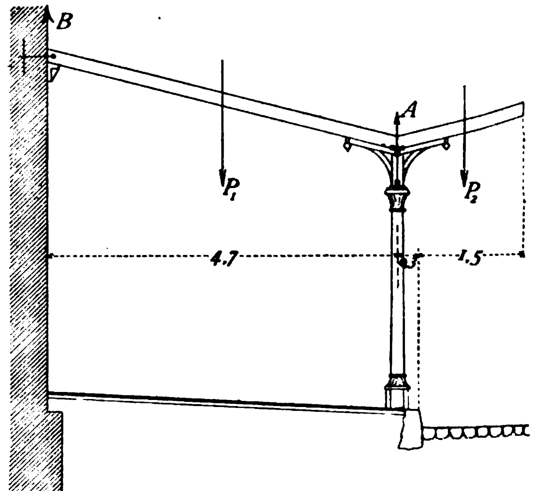
d) Beifpiele.

333. Vordach mit Gitterträgern.

Die Anwendung der im vorftehenden für Träger entwickelten Grundfätze und aufgeftellten Gleichungen foll nachftehend durch zwei Beifpiele erläutert werden.

Beifpiel 1. Vor einem öffentlichen Gebäude foll der Bürgerfteig fo überdacht werden, dafs die vor dem Bordfteine haltenden Wagen im Schutze gegen den Regen erreicht werden können. Die allgemeine Anordnung zeigt Fig. 631; die Säulen ftehen je vor der zweiten Gebäudeachfe in Teilungen von $9{,}0\,^{m}$; zwifchen je 2 Säulen kommen in die Drittelteilpunkte 2 Pfettenträger aus geknickten I-Eifen zu liegen, welche gegen die Säulen durch thunlichft leichte Gitterträger abzufangen find. Gleiche Pfettenträger liegen gerade über den Säulen (Fig. 632).

Fig. 631.



$^1/_{100}$ w. Gr.

Die Eindeckung mit Glas wiegt für $1\,^{qm}$ Grundfläche $50\,^{kg}$; die Eifenteile wiegen $20\,^{kg}$; Schnee laftet auf $1\,^{qm}$ Grundfläche mit $75\,^{kg}$, und der lotrechte Winddruck beträgt $55\,^{kg}$; die Laftfumme für $1\,^{qm}$ ift hiernach $200\,^{kg}$.

α) Berechnung des Pfettenträgers. Ein folcher unterftützt $3{,}00\,^{m}$ Länge des Daches. Somit ift (Fig. 631)

$$P_2 = 3 \cdot 1{,}8 \cdot 200 = 1080\,^{kg}$$

für volle Laft, und das gröfste Moment über dem Längsträger $1080 \frac{180}{2} = 97200\,^{cmkg}$.

Das gröfste Moment zwifchen Wand und Träger tritt ein, wenn der überkragende Teil unbelaftet ift. Alsdann ift

$$P_2 = 3 \cdot 1{,}8\,(50 + 20) = 378\,^{kg},$$

und

$$P_1 = 4{,}7 \cdot 3 \cdot 200 = 2820\,^{kg};$$

folglich der Auflagerdruck $B = \frac{2820 \cdot 470}{2 \cdot 470} - \frac{378 \cdot 180}{2 \cdot 470} = 1338\,^{kg}$. Im Abftande x von der Wand ift das Moment

$$M_x = 1338\,x - \frac{3 \cdot 0{,}01 \cdot 200\,x^2}{2};$$

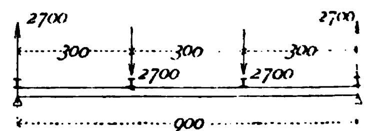
die Abfciffe des gröfsten Momentes folgt alfo aus

$$0 = 1338 - 3 \cdot 0{,}01 \cdot 200\,x \text{ mit } x = 223\,^{cm},$$

und das gröfste Moment ift

$$M_{max} = 1338 \cdot 223 - \frac{3 \cdot 0{,}01 \cdot 200 \cdot 223^2}{2} = 149187\,^{cmkg}.$$

Fig. 632.



Nach letzterem Moment ift der Pfettenträger zu bemeffen; feine zu grofse Stärke über dem Längsträger ift erwünfcht, weil er hier durch das Biegen gefchwächt wird. Bei $1000\,^{kg}$ Spannung für $1\,^{qcm}$ mufs das Widerftandsmoment $\frac{149187}{1000} = \backsim 150$ fein; fomit ift das Normal-I-Eifen Nr. 18 zu wählen.

β) Berechnung des Gitterträgers. Die Laft, welche von einem Pfettenträger übertragen wird, ift bei ganz voller Belaftung nach Fig. 631

$$A = \frac{3 \cdot 1{,}8 \cdot 200 \left(470 + \frac{180}{2}\right) + 3 \cdot 4{,}7 \cdot 200 \cdot \frac{470}{2}}{470} = 2700\,^{kg}.$$

Fig. 633.

Aus dem in Fig. 632 dargeftellten Laftzuftande ergiebt fich ein zwifchen den beiden mittleren Pfettenträgern unveränderliches gröfstes Biegungsmoment von $2700 \cdot 300 = 810000$ cmkg. Aeufserer Verhältniffe halber mag die Trägerhöhe auf ungefähr 50 cm feftgefetzt werden; die Schwerpunkte der aus je 2 Winkeleifen zu bildenden Gurtungen werden dann rund 44 cm voneinander liegen, und bei 1000 kg Beanfpruchung ift nach Gleichung 254 (S. 258) der Gurtungsquerfchnitt

$$f = \frac{M}{s' h} = \frac{810000}{1000 \cdot 44} = \backsim 18^{\text{qcm}}.$$

Für jedes der zwei Winkeleifen kommen bei 2 cm Nietdurchmeffer und rund 1 cm Schenkeldicke 2 qcm in Abzug (Fig. 633); jeder Winkel mufs alfo $\frac{18}{2} + 2 = 11$ qcm Nettoquerfchnitt haben, und daher wird das Winkeleifen $6{,}5 \times 6{,}5 \times 0{,}9$ mit $f = 10{,}89$ qcm gewählt.

Die Niete in diefem Winkeleifen find behufs freier Ausbildung der Köpfe nach Fig. 633 anzuordnen; demnach ergiebt fich der Abftand des Gurtungsfchwerpunktes von der Aufsenkante nach Fig. 633 mit

$$x_0 = \frac{2 \cdot 65 \cdot 9 \cdot 4{,}5 + 2 \cdot 15 \cdot 9 \cdot 16{,}5 + 2 \cdot 21 \cdot 9 \cdot 54{,}5}{2 \cdot 65 \cdot 9 + 2 \cdot 15 \cdot 9 + 2 \cdot 21 \cdot 9} = 16{,}6 = \backsim 17^{\text{mm}}.$$

Die Trägerhöhe mufs alfo genauer auf $44 + 2 \cdot 1{,}7 = 47{,}4$ cm oder rund 48 cm bemeffen werden.

γ) Unterfuchung der oberen Gurtung auf Zerknicken.. Die auf die Gurtung wirkende Druckkraft D folgt aus der Divifion des Schwerpunktabftandes $48 - 2 \cdot 1{,}7 = 44{,}6$ cm in das Moment mit $D = \frac{810000}{44{,}6} = 18164$ kg.

Zu unterfuchen ift:

a) Ob die Gurtung für ihre lotrechte Mittelachfe zwifchen zwei der I-Sparren fteif genug ift? Nach Nr. 7 der Zufammenftellung auf S. 206 ergiebt fich

$$J = 2f \cdot 0{,}0946 \cdot 6{,}5^2 + 2f\,(0{,}5 + 0{,}287 \cdot 6{,}5)^2$$

und für $f = 10{,}9$ qcm

$$J = 209 \text{ (auf Centim. bezogen).}$$

Wird an den Enden Einfpannung angenommen (Fall IV, S. 200; $C = 40$) und 5fache Sicherheit verlangt, fo ift bei 300 cm Länge die zuläffige Zerknickungslaft nach Gleichung 187 (S. 205)

$$P = \frac{40 \cdot 2000000 \cdot 209}{5 \cdot 300^2} = 37155^{\text{kg}},$$

alfo doppelt fo grofs wie nötig.

b) Wie viele Gitterknoten zwifchen zwei Sparren liegen müffen, damit die Gurtung nicht lotrecht einknickt?

Nach Nr. 8 der Zufammenftellung auf S. 206 ift

$$J_{min} = 2 \cdot 10{,}9 \cdot 6{,}5^2 \cdot 0{,}0946 = 87;$$

daher nach Gleichung 194 (S. 213)

$$N = \frac{300}{3{,}14} \sqrt{\frac{5 \cdot 18164}{1 \cdot 2000000 \cdot 87}} = 2{,}18 = \backsim 3.$$

Hiernach brauchen alfo nur zwei Gitterknoten oder drei Felder zwifchen zwei Sparren zu liegen.

c) Wie viele Gitterknoten zwifchen zwei Sparren liegen müffen, damit das einzelne Winkeleifen nicht unter der halben Laft zerknickt?

Nach Nr. 7 der Zufammenftellung auf S. 206 ift

$$i = 10{,}9 \cdot 6{,}5^2 \cdot 0{,}0381 = 17{,}5;$$

daher nach Gleichung 194 (S. 213)

$$N = \frac{300}{3{,}14} \sqrt{\frac{5 \cdot 18164}{2 \cdot 2000000 \cdot 17{,}5}} = 3{,}14 = \backsim 4.$$

Hiernach müfste der Gitterträger zwifchen zwei Sparren je vier Felder erhalten; damit die Gitterftäbe nicht zu flach zu liegen kommen, find in Fig. 634 deren fechs angeordnet.

δ) Berechnung der Gitterftäbe. Im Gitterträger ift die gröfste Querkraft in den beiden Endfeldern gleich 2700 kg und im Mittelfelde gleich Null; fie verteilt fich auf je 2 Gitterftäbe, von denen die vom Auflager nach der Mitte fteigenden gedrückt, die anderen gezogen werden. Die theoretifche Länge

des Stabes ist gleich $\sqrt{41{,}8^2 + 50^2} = \backsim 65{,}1$ cm. Für einen Gitterstab folgt die Spannung P demnach aus der Proportion $P: \frac{2700}{2} = 65{,}1 : 41{,}8$ mit $P = 2110$ kg.

Werden die gezogenen Stäbe aus Bandeisen von 6×1 cm gebildet und mit einem Niete von 2 cm Durchmesser im Schlitze der Gurtungen befestigt, so ist die Spannung im Bande $\frac{2110}{(6-2)\,1} = 528$ kg. Die Anschlussniete sind zweischnittig, und nach Gleichung 115 (S. 153) ist $d > \delta$, folglich die Zahl der Anschlussniete (bei $s'' = 1100$ kg für 1 qcm) $n = \frac{2110}{2 \cdot 1 \cdot 1100} = 0{,}96$; ein Niet genügt also.

Die gedrückten Stäbe sollen aus zwei derartigen Bandeisen hergestellt werden, welche seitlich an den Winkeleisen der Gurtungen mit denselben Nieten wie die gezogenen Stäbe zu befestigen sind. Eine Ueberbeanspruchung der so verlängerten Niete entsteht nicht, weil man die äusseren Schaftteile als be-

Fig. 634.

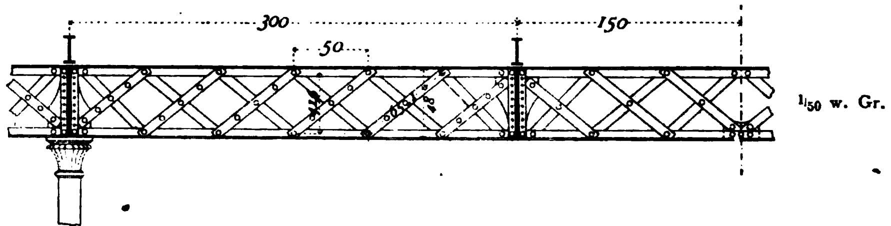
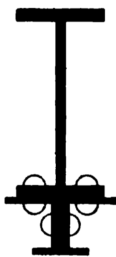
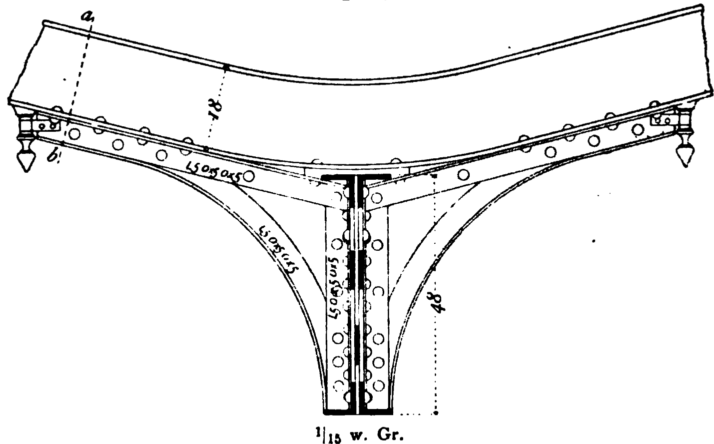


Fig. 635.



Schnitt *a b* in Fig. 636.
1/7,5 w. Gr.

Fig. 636.



sondere Niete auffassen kann und die grösste Beanspruchung aus den gezogenen Stäben in der Lochwandung des Bandes, nicht in der Gurtung liegt. Diese doppelten Druckstäbe sind auf Zerknicken für die freie Länge von 65,1 cm zu berechnen; sie werden durch Stehniete abgesteift.

Nach Nr. 6 der Zusammenstellung auf S. 206 müsste der Abstand der Bandmitten voneinander $6 \cdot 0{,}577 = 3{,}46$ cm betragen, wenn die beiden Hauptträgheitsmomente gleich werden sollten; thatsächlich beträgt $b = 1 + 2 \cdot 0{,}9 + 2 \cdot 0{,}5 = 3{,}8$ cm; somit ist das Trägheitsmoment der Achse I als das kleinere in Rechnung zu stellen. Nach Gleichung 189 und Nr. 6 der Zusammenstellung auf S. 206 ist die zulässige Zerknickungslast des ganzen Stabes

$$P = \frac{10 \cdot 2000000 \cdot 0{,}0833 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 6^2}{5 \cdot 65{,}1^2} = 34000 \text{ kg}$$

bei ($m =$) 5facher Sicherheit und Verdrehbarkeit an beiden Enden (Fall II, S. 205; $C = 10$). Die ganzen Stäbe sind also viel zu stark.

Für die einzelne Hälfte ist $i = \frac{6 \cdot 1^3}{12} = 0{,}5$ und $n = 2$; also nach Gleichung 194

$$N = \frac{65{,}1}{3{,}14} \sqrt{\frac{5 \cdot 2110}{2 \cdot 2000000 \cdot 0{,}5}} = 1{,}504 = \backsim 3,$$

Somit müfsten[148]) 3 Stehniete in die ungeraden Sechstel der Länge gefetzt werden; da aber jedenfalls ein folcher in die Ueberkreuzung der Stäbe kommt, fo find noch zwei in die Mitten der Hälften jedes Stabes nach Fig. 634 zu fetzen. Im Mittelfelde, wo Querkraft in geringem Mafse nur bei fchiefer Laft auftritt, können diefe Niete fehlen.

Unter den Sparren und über den Säulen erhält der Träger (Fig. 634) jedesmal zur Verteilung der Laft nach oben und unten eine kräftige lotrechte Steife aus Blechwand und 4 Winkeleifen von $50 \times 50 \times 5$ cm. Ueber den Säulen find die Träger voneinander getrennt; die einzige Verbindung befteht in der Vernietung oder Verfchraubung der abftehenden Schenkel der zur Abfteifung dienenden Winkeleifen, und diefe ift nachgiebig genug, um die höchftens 3 mm betragende Längenänderung unter Wärmefchwankungen zuzulaffen. In den Knotenpunkten unter dem Sparren fchliefsen die doppelten Stäbe an die Kotenbleche an, müffen alfo von 3,8 cm auf 1 cm Zwifchenraum zufammengezogen werden.

Fig. 637.

1/15 w. Gr.

Uebrigens ift in Fig. 634 und in Fig. 635 bis 637 dargeftellt, wie die Sparren durch Kragftücke gegen den Gitterträger abgefteift werden, und wie letzterer auf den Säulen zu lagern und zu befeftigen ift.

B e i f p i e l 2. Im oberen Gefchoffe eines langgeftreckten Gebäudes foll ein Tanzfaal eingerichtet werden. Die Tiefe beträgt nahezu 8 m, fo dafs der Tiefe nach keine Balken gelegt werden können; fie follen vielmehr in 1,00 m Teilung der Länge nach liegen und in der 4,50 m betragenden Achfenteilung des Gebäudes durch eiferne Netzwerkträger unterftützt werden. 334. Netzwerkträger als Unterzug.

Das Quadr.-Meter der Decke mit halbem Windelboden wiegt 280 kg und wird mit 250 kg belaftet. Das lauf. Centimeter eines Balkens trägt fonach $1 \cdot 0{,}01\,(280 + 250) = 5{,}3$ kg; das gröfste Moment zwifchen zwei Unterzügen ift

$$\frac{5{,}3 \cdot 450^2}{8} = \frac{80\, b\, h^2}{6};$$

folglich mufs die Balkenhöhe bei 80 kg Spannung und einer Balkenbreite $b = 18$ cm $h = 23{,}5$ cm fein.

Fig. 638.

Längen: 1/100. — Kräfte: 1 cm = 3000 kg.

Die ganze Belaftung auf einem Knotenpunkte des Unterzuges beträgt:

an Eigengewicht	$1 \cdot 4{,}5 \cdot 280 = 1260$ kg,	
» Nutzlaft	$1 \cdot 4{,}5 \cdot 250 = 1125$ »	
	zufammen 2385 kg.	

148) Nach Gleichung 110, S. 299 (2. Aufl.: Art. 120, S. 101; 3. Aufl.: Art. 136, S. 126) und Fig. 129 (2. Aufl.: Fig. 123; 3. Aufl.: Fig. 144) ebendaf.

α) Gurtungen. Die Momente, welche für volle Belaftung am gröfsten werden, find in Fig. 638 [149]) ermittelt. Es wird angenommen, dafs die Gurtungsfchwerlinie in der Nietteilungslinie liegt; da fie thatfächlich etwas aufserhalb liegen wird, fo liefert die Rechnung etwas zu fichere Ergebniffe. Die Nietteilungslinien werden um die theoretifche Trägerhöhe gleich 50 cm voneinander entfernt gelegt, fo dafs die beiden Stäbe jedes Feldes unter 45 Grad zu ftehen kommen.

Die vom Eigengewichte herrührenden Spannkräfte verhalten fich zu den Gefamtfpannkräften wie $\frac{280}{530}$. Die Spannkräfte in den Gurtungen erhält man durch Divifion des Moments durch die Trägerhöhe; hiernach ergeben fich die in der folgenden Tabelle zufammengeftellten Stabfpannungen in der unteren, bezw. oberen Gurtung.

		Spannkräfte durch		
		die Gefamtbelaftung	das Eigengewicht	die Nutzlaft
Untere Gurtung	$U_5 =$	$+\frac{12990 \cdot 146}{50} = +37900$	$37900 \frac{280}{530} = 20000$	$37900 - 20000 = 17900$
	$U_4 =$	$+\frac{12990 \cdot 136}{50} = +35300$	$35300 \frac{280}{530} = 18700$	$35300 - 18700 = 16600$
	$U_3 =$	$+\frac{12990 \cdot 110}{50} = +28600$	$28600 \frac{280}{530} = 15100$	$28600 - 15100 = 13500$
	$U_2 =$	$+\frac{12990 \cdot 64}{50} = +16600$	$16600 \frac{280}{530} = 8770$	$16600 - 8770 = 7830$
	$U_1 =$	0		
Obere Gurtung	$O_4 =$	$-\frac{12990 \cdot 142}{50} = -37000$	$-37000 \frac{280}{530} = -19600$	$-(37000 - 19600) = -17400$
	$O_3 =$	$-\frac{12990 \cdot 123}{50} = -32000$	$-32000 \frac{280}{530} = -16900$	$-(32000 - 16900) = -15100$
	$O_2 =$	$-\frac{12990 \cdot 87}{50} = -22700$	$-22700 \frac{280}{530} = -12000$	$-(22700 - 12000) = -10700$
	$O_1 =$	$-\frac{12990 \cdot 32}{50} = -8300$	$-8300 \frac{280}{530} = -4300$	$-(8300 - 4300) = -4000$
		Kilogramm.		

Bei diefen ftark verfchiedenen Spannungen empfiehlt fich eine Veränderung des Querfchnittes in den verfchiedenen Feldern, d. h. man verftärke die am Auflager mit je 2 Winkeleifen beginnenden Gurtungen gegen die Mitte zu nach Bedarf durch aufgenietete Platten. Der Schlitz zwifchen den Winkeleifen wird behufs Aufnahme ftarker Knotenbleche 1,5 cm weit angenommen; alle Teile werden mit Nieten von 2 cm Durchmeffer verbunden.

Die Querfchnittsveränderung wird nicht in jedem Felde vorgenommen; der Querfchnitt foll vielmehr in jeder Trägerhälfte für die Gruppen U_1, $U_2 - U_3 - U_4$, $U_5 - O_1$, $O_2 - O_3$, O_4 unveränderlich bleiben.

Der erforderliche Querfchnitt ift unter Zufchlag für die Nietlochung nach den Gleichungen 15 u. 18 in Teil I, Band 1, zweite Hälfte diefes »Handbuches« (S. 250 u. 251 [150]) zu berechnen.

Gegen Zerknicken der ganzen oberen Gurtung wirken die aufgelagerten Balken. Die Steifigkeit der einzelnen Felder, wie die Teilung der Verbindungsftehniete da, wo die Platten fehlen, ift wie folgt zu unterfuchen.

	Stab:	Erforderlicher Querfchnitt:	Hergeftellt aus:	Nutzquerfchnitt:
Nach Gleichung 15:	U_1, U_2	$\frac{8770}{1400} + \frac{7830}{770} = 16{,}5$ qcm	2 Winkeleifen $6 \times 6 \times 1{,}0$ cm	$2 \cdot 1{,}0\,(6 + 5 - 2) = 18$ qcm
	U_3	$\frac{15100}{1400} + \frac{1350}{770} = 28{,}4$ »	2 Winkeleifen $6 \times 6 \times 1{,}0$ » + 1 Platte $17{,}5 \times 0{,}8$ »	$18 + 0{,}8\,(17{,}5 - 4) = 28{,}8$ »
	U_4, U_5	$\frac{20000}{1400} + \frac{17900}{770} = 37{,}5$ »	2 Winkeleifen $6 \times 6 \times 1{,}0$ » + 1 Platte $17{,}5 \times 0{,}8$ » + 1 Platte $17{,}5 \times 0{,}6$ »	$28{,}8 + 0{,}6\,(17{,}5 - 4) = 36{,}9$ »
Nach Gleichung 18:	O_1, O_2	$\frac{12000}{1200} + \frac{10700}{720} = 25$ »	2 Winkeleifen $7{,}5 \times 7{,}5 \times 1{,}0$ »	$2 \cdot 1\,(7{,}5 + 6{,}5 - 2) = 24$ »
	O_3, O_4	$\frac{19600}{1200} + \frac{17400}{720} = 40{,}5$ »	2 Winkeleifen $7{,}5 \times 7{,}5 \times 1{,}0$ » + 1 Platte $20{,}5 \times 1{,}0$ »	$24 + 1\,(20{,}5 - 4) = 40{,}5$ »

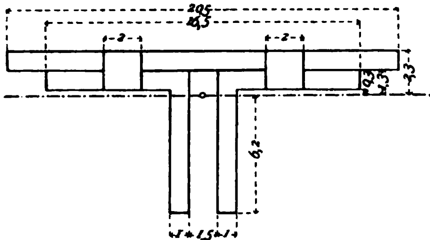
149) Nach: Art. 361, S. 324 (2. Aufl.: Art. 152, S. 131; 3. Aufl.: Art. 154, S. 147).

150) 2. Aufl.: Art. 77, S. 51; 3. Aufl.: Art. 83, S. 60.

Die ungünstigsten Felder find O_4 und O_2. In O_4 (Fig. 639) liegt der Schwerpunkt 2,3 cm unter Oberkante, und das kleinste Trägheitsmoment ist

$$\mathcal{J}_{min} = (20{,}5 - 4)\,\frac{2{,}8^3 - 1{,}3^3}{3} + (16{,}5 - 4 - 1{,}5)\,\frac{1{,}3^3 - 0{,}3^3}{3} + 2\,\frac{0{,}3^3 + 6{,}2^3}{3} = 221\,.$$

Fig. 639.



Das notwendige Trägheitsmoment ist bei m = 5facher Sicherheit[151]) nach Gleichung 193 (S. 213) $\mathcal{J} = \frac{5\,Pl^2}{E\,\pi^2}$. Nun ist

$$l = 100\,\text{cm} \quad \text{und} \quad P = 37000\,\text{kg},$$

$$\text{alfo} \quad \mathcal{J} = \frac{5\,.\,37000\,.\,100^2}{2000000\,.\,\pi^2} = 93{,}7\,.$$

Der Querschnitt, welcher auf Druck eben genügt, ist alfo gegen Zerknicken reichlich steif. Er kann als einheitlicher Querschnitt angesehen werden, da die Platte die Winkeleisen verbindet; die Heftniete find in einer Teilung von 5 Durchmessern gleich 10 cm angenommen, fo dafs die Halbierung der Teilung für die Abfchlufsniete eben noch möglich ist.

In O_2 mufs unterfucht werden, wie oft die einzelnen Winkeleisen zu verbinden find. Für das einzelne L-Eisen von 7,5 × 7,5 × 1 cm Querschnitt ist $f = 14$ qcm und nach Nr. 7 der Zufammenstellung auf S. 206: $i = 14\,.\,7{,}5^2\,.\,0{,}0381 = 30$ und, mit Bezug auf Gleichung 194 (S. 213), $P = 22700$, $n = 2$, $L = 100$ cm, und $s = 5$,

$$N = \frac{100}{3{,}14}\sqrt{\frac{5\,.\,22700}{2\,.\,2000000\,.\,30}} = 0{,}98 = \sim 1{,}0\,.$$

Demnach brauchen die Winkel im Felde überhaupt nicht verbunden zu werden; gleichwohl find zwei Stehniete eingefetzt, um möglichst gute Verteilung der Spannung auf beide Winkel zu fichern.

Die in einem Knotenpunkte neu beginnende Platte mufs über diefen Punkt hinaus nach dem Auflager nur fo weit hinausragen, dafs die ihrem Querschnitte entsprechende Zahl von Anschlufsnieten aufserhalb des Knotenpunktes Platz findet.

Die Spannkraft im Stabe O_3 der oberen Gurtung ist gleich — 32300 kg und der ganze Querschnitt gleich 40,5 qcm; fonach hat 1 qcm : $\frac{32300}{40{,}5} = 800$ kg zu tragen. Die von der Platte aufzunehmende Kraft ist (20,5 — 4) 1 . 800 = 13200 kg; die Anschlufsniete find einfchnittig, der Nietdurchmesser d gleich der doppelten Blechdicke δ ($d = 2\,\delta$); fonach beträgt die Zahl der Nieten nach Art. 208 (S. 152, Gleichung 113), wenn 700 kg für 1 qcm als zuläffige Scherbeanspruchung der Niete angenommen werden,

$$n = \frac{13200\,.\,4}{2^2\,\pi\,.\,700} = 6 \text{ Niete.}$$

Da stets 2 Niete nebeneinander fitzen, fo müffen hiernach 3 Nietreihen aufserhalb des Knotenpunktes $O_2\,O_3$ in der Platte enthalten fein, woraus fich die in Fig. 622 dargestellte Anordnung ergiebt. Die Ungleichmäfsigkeit, welche aus dem Zufügen der Platte für die Balkenlagerung entsteht, wird durch Ausfchneiden der Balken ausgeglichen (Fig. 640 u. 641).

Fig. 640.

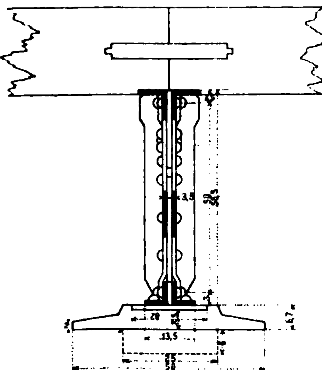
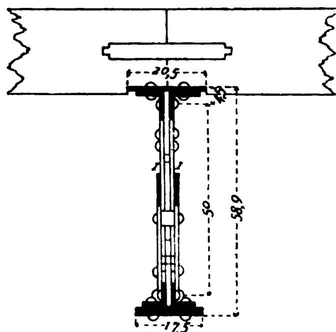


Fig. 641.



β) Gitterstäbe. Die Spannungen in den Gitterstäben follen beifpielsweife für die Felder I und IV in Fig. 638 unterfucht werden.

Im Felde I werden fie am ungünstigsten belastet, wenn alle Knotenpunkte 2 bis 8 Nutzlast tragen. Dann ist der Auflagerdruck für das

151) Nach Fig. 136, S. 302 (2. Aufl.: Fig. 129, S. 104; 3. Aufl.: Fig. 150, S. 130) in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches«.

Eigengewicht

$$A = \frac{7 \cdot 1260}{2} = 4410^{kg},$$

für die Nutzlaft

$$A = \frac{7 \cdot 1125}{2} = 3940^{kg}.$$

Somit entftehen im Gitterftabe D_1 die Spannkräfte $4410 \cdot 1{,}414 = + 6235^{kg}$ aus Eigengewicht und $3940 \cdot 1{,}414 = + 5570^{kg}$ aus der Nutzlaft. In D_2 treten diefelben Kräfte als Drücke auf.

Die erforderlichen Querfchnitte im Stabe D_1 ergeben fich [152]) zu $\frac{6235}{1400} + \frac{5570}{770} = 11{,}8^{qcm}$; D_1 wird daher aus 2 Flachbändern von 8×1^{cm} gebildet und erhält $2\ (8 - 2)\ 1 = 12^{qcm}$ Nutzquerfchnitt. Nach Art. 208 (Gleichung 115, S. 153) wird die Anzahl der Anfchlufsniete bei 1300^{kg} Lochlaibungsdruck im $1{,}5^{cm}$ ftarken Knotenbleche

$$n = \frac{6235 + 5570}{2 \cdot 1{,}5 \cdot 1300} = 3.$$

Für den Stab D_2 ift der erforderliche Querfchnitt [153]) $\frac{6235}{1200} + \frac{5570}{720} = 13^{qcm}$; die auf die Gurtungswinkel zu nietenden Flacheifenftäbe erhalten demnach $8{,}5^{cm}$ Breite. Die Länge beträgt $50 \cdot 1{,}414 = 70{,}7^{cm}$.

Die Entfernung zwifchen den Mitten der Bänder ift mit Rückficht auf die auf die Knotenbleche gelegten Füllftücke von 1^{cm} Dicke $b = 1{,}5 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 0{,}5 = 4{,}5^{cm}$. Sollte der Stab nach beiden Richtungen gleich fteif fein, fo müfste nach Nr. 6 der Zufammenftellung auf S. 206: $b = 0{,}577 \cdot 8{,}5 = 4{,}9^{cm}$ fein; das kleinere Trägheitsmoment ift alfo dasjenige für Achfe II, und zwar ift es

$$J = 2 \cdot 8{,}5 \cdot 4{,}5^2 \cdot 0{,}25 = 86.$$

Das erforderliche Trägheitsmoment ift nach Gleichung 193 (S. 213) für Verdrehbarkeit an beiden Enden (Fall II, S. 205: $C = 10$)

$$J = \frac{11805 \cdot 5 \cdot 70{,}7^2}{10 \cdot 2000000} = 14{,}8;$$

demnach reicht der doppelte Flacheifenftab aus.

Für das einzelne Flacheifen ift mit Bezug auf Gleichung 194 (S. 213): $i = \frac{8{,}5 \cdot 1^3}{12} = 0{,}7$, $n = 2$, $m = 5$ und $l = 70{,}7$; alfo

$$N = \frac{70{,}7}{3{,}14} \sqrt{\frac{5 \cdot 11805}{2 \cdot 2000000 \cdot 0{,}7}} = 3{,}27 \doteq \backsim 2;$$

Somit find 4 Stehniete in die ungeraden Achtel der Länge zu fetzen, welche zum Teile in die Knotenbleche fallen.

Es ift jedoch zu betonen, dafs diefe Ausfteifung zweier Flacheifen durch Stehniete immer unvollkommen bleibt, weil ein Stehniet bei leicht eintretenden Ausführungsfehlern gar nicht, fonft unvollkommen geeignet ift, die Bänder in der Verbindungsftelle in ihrer Richtung feftzuhalten. Dies ift einer der wichtigften Gründe, wegen deren man bei allen etwas gröfseren Trägern von der Bildung der Druckfchrägen aus Flacheifen zurückgekommen ift, und vorzieht, fie aus L-Eifen oder E-Eifen zu bilden, wenn die Querfchnitte dabei auch etwas zu ftark ausfallen.

Im Felde IV ift die vom Eigengewichte herrührende Querkraft $\frac{7 \cdot 1260}{2} - 3 \cdot 1260 = 630^{kg}$; daher die Spannkraft im Stabe $D_7 = + 630 \cdot 1{,}414 = + 890^{kg}$ und im Stabe $D_8 = - 890^{kg}$.

Tragen die Knotenpunkte *5* bis *8* Nutzlaft, fo ift der entfprechende Auflagerdruck

$$A = \frac{1125\ (4 + 3 + 2 + 1)\ 100}{800} = 1406^{kg},$$

fomit die aus der Nutzlaft rechts herrührenden Spannkräfte in den Gitterftäben D_7 und D_8 bezw. $+ 1406 \cdot 1{,}414 = + 1990^{kg}$ und $- 1990^{kg}$. Sind dagegen die Knotenpunkte *2* bis *4* voll belaftet, fo ift

$$A = \frac{1125\ (5 + 6 + 7)\ 100}{800} = 2530^{kg}$$

und die Querkraft im Felde IV: $2530 - 3 \cdot 1125 = - 845^{kg}$; fonach betragen die aus der Nutzlaft links fich ergebenden Spannkräfte in den Stäben D_7 und D_8 bezw. $- 845 \cdot 1{,}414 = - 1195^{kg}$ und $+ 1195^{kg}$.

152) Nach: Gleichung 18 (S. 250) in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte diefes »Handbuches«.

153) Nach. Gleichung 18 (S 251) ebendaf.

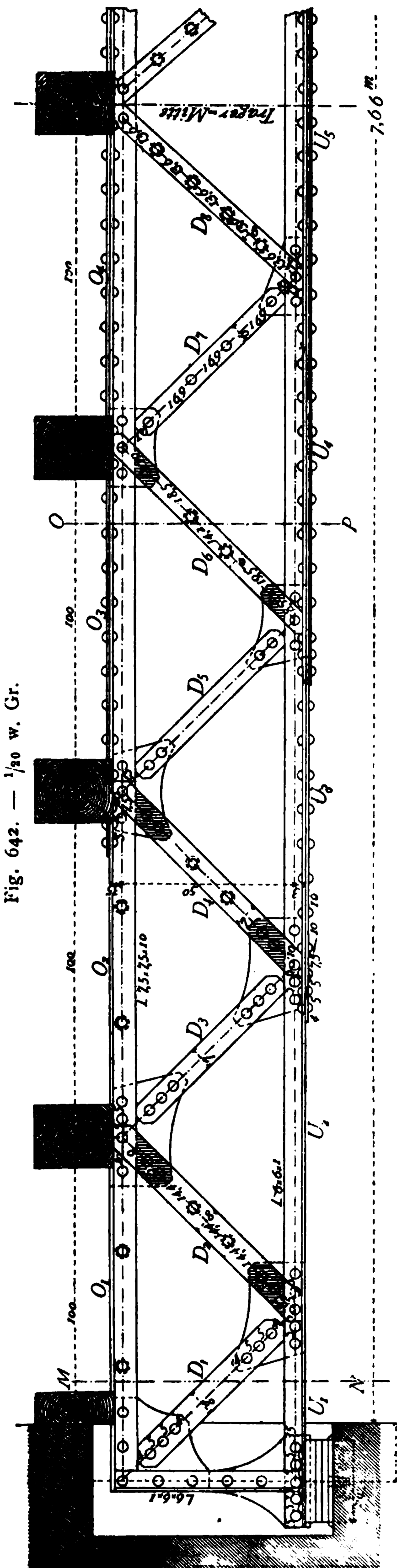


Fig. 642. — 1/20 w. Gr.

Sonach ift der Gitterftab D_7 nach Gleichung 21 in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte diefes »Handbuches« zu bemeffen mit

$$\frac{890}{1400} + \frac{1990}{770} + \frac{1195}{1700} = 3{,}9 \text{ qcm}$$

und der Querfchnitt des Gitterftabes D_8 nach Gleichung 24 dafelbft mit

$$\frac{890}{1200} + \frac{1990}{720} + \frac{1195}{1800} = 4{,}2 \text{ qcm}.$$

Hier werden alfo thunlichft fchwache Flacheifenquerfchnitte auszuführen fein, welche in den Einzelheiten nach obigem Verfahren feftgeftellt werden. Die Gitterftäbe erhalten die in Fig. 642 eingetragenen Abmeffungen und Anfchlufsniete. Die Gitterftäbe find jedoch nach der Trägermitte hin mehr und mehr zu ftark bemeffen, weil die theoretifchen Abmeffungen für die Herftellung zu gering ausfielen. Nochmals mag hier befonders hervorgehoben werden, dafs die gedrückten Stäbe aus zwei Flacheifen mit Stehnieten die forgfältigfte Herftellung der Nietung verlangen. Es ift vorgekommen, dafs folche Glieder infolge mangelhafter Bildung der Stehniete eingeknickt find, weil jedes Flacheifen für fich nachgab.

Da die gedrückten Gitterftäbe nicht unmittelbar auf den Knotenblechen liegen, fo müffen die in Fig. 642 durch lotrechte Schraffierung angedeuteten Füllbleche eingelegt werden.

Der Anfchlufs der Gitterftäbe an die Gurtungen kann nur in den feltenften Fällen mittels unmittelbarer Vernietung der Teile erfolgen, weil die Gurtungen zum Anbringen der erforderlichen Nietzahl meift nicht den nötigen Platz bieten. Alsdann ift nötig, wie hier in faft allen Knoten, Knotenbleche einzufetzen, an welche die Wandglieder mit den oben für zwei Fälle berechneten Nietzahlen angefchloffen werden, welche nun aber anderfeits mit den Gurtungen in ausreichende Verbindung gebracht werden müffen.

Die Knotenbleche übertragen auf die Gurtungen die Mittelkraft der Spannkräfte aus den an fie anfchliefsenden Paaren von Gitterftäben, und diefe Mittelkräfte find hier wegen der wagrechten Stellung der Gurtungen wagrecht; fie find ferner gleich der Summe der lotrechten Seitenkräfte der Spannkräfte in den Gitterftäben, weil von den zwei an ein Knotenblech anfchliefsenden Stäben ftets einer gedrückt, einer gezogen wird und die Neigung beider 45 Grad beträgt.

Der obere Anfchlufs des Gitterftabes D_1 mufs im Knotenbleche 3 um den Endknoten fymmetrifch geordnete Niete erhalten, weil diefes Knotenblech höchftens die gröfste Spannkraft von D_1 zu übertragen hat und diefe 3 Niete verlangte; gefetzt find 5 Niete.

Im Knotenpunkte $U_1 U_2$ ift die gröfste lotrechte Seitenkraft von D_1 gleich der von D_2, alfo gleich 8350 kg; die Summe der wagrechten Seitenkräfte hiernach $2 \cdot 8350 = 16700$ kg und die Zahl der zweifchnittigen Anfchlufsniete für $d > \delta$ nach Art. 208 (S. 153,

Gleichung 115) $n = \frac{16700}{2 \cdot 1{,}5 \cdot 1300} = 5$ Niete, von denen der mittelſte D_2 unmittelbar faſst, und von denen einer wegen des Zuſammentreffens mit den Stäben von D_2 mit zwei ganz verſenkten Köpfen herzuſtellen iſt. Aus den Nietſtellungen ergeben ſich dann Gröſse und Form des Knotenbleches (Fig. 642).

Im Knotenpunkte $O_1 O_2$ wird die gröſste Kraft übertragen, wenn dieſer Knotenpunkt nebſt allen rechts davon liegenden voll belaſtet iſt. Die lotrechte Seitenkraft von D_2 iſt dann 8350^{kg}, die von D_3 gleich $8350 - 2385 = 5965^{kg}$, ſomit die Summe der wagrechten Seitenkräfte $8350 + 5965 = 14315^{kg}$ und die erforderliche Zahl der Anſchluſsniete des Knotenbleches an die Gurtung $\frac{14315}{2 \cdot 1{,}5 \cdot 1300} = 4$ Niete.

Im Knotenpunkte $U_2 U_3$ haben beide anſchlieſsende Gitterſtäbe D_3 und D_4 die gröſsten lotrechten Seitenkräfte, wenn der Knotenpunkt $O_2 O_3$ nebſt allen rechts davon liegenden voll belaſtet iſt. In beiden iſt die lotrechte Seitenkraft dann

$$\frac{7 \cdot 1125}{2} + 1260 \frac{(6 + 5 + 4 + 3 + 2 + 1)\,100}{800} - 1125 = 6100^{kg};$$

folglich die Summe der aus dem Knotenbleche abzugebenden wagrechten Kräfte gleich $2 \cdot 6100 = 12200^{kg}$, und die Zahl der Anſchluſsniete $\frac{12200}{2 \cdot 1{,}5 \cdot 1300} = 4$. In dieſer Weiſe ſind die in Fig. 642 eingetragenen Niete für die Knotenbleche für alle Knotenpunkte berechnet. Im Knotenpunkte $O_4 O_5$ genügt 1 Niet; die Gitterſtäbe ſind daher hier nebeneinander unmittelbar auf die Gurtung genietet, und zu dieſem Zwecke aus der theoretiſchen Lage etwas nach oben verdreht.

γ) Auflager. Es iſt angenommen, daſs der Träger auf gewöhnlichem Ziegelmauerwerke ruht, für das die zuläſſige Preſſung 8^{kg} für 1^{qcm} beträgt. Der ganze Auflagerdruck für 8 volle Trägerfelder iſt

$$\frac{8}{2}(1125 + 1260) = 9540^{kg},$$

die erforderliche Lagergrundfläche alſo $\frac{9540}{8} = 1200^{qcm}$. Da eine tiefe Einlagerung in die Wand in den meiſten Fällen nicht angängig iſt, ſo muſs das Auflager gewöhnlich breit entwickelt werden.

Wäre der Raum, welcher von dem 8^m langen Träger überdeckt werden ſoll, z. B. $7{,}66^m$ weit, ſo blieben an jedem Ende $\frac{800 - 766}{2} = 17^{cm}$ von Wand bis Lagermitte verfügbar. Nun müſſen aber die Lagerſchuhe von der Mauerkante entfernt bleiben, und zwar für ſolche Träger etwa 5^{cm}; demnach iſt die halbe Lagerlänge 12^{cm} und die Lagerbreite $\frac{1200}{2 \cdot 12} = 50^{cm}$.

Nach den in Art. 326 (S. 261) für die Lager gegebenen Regeln wird die erforderliche Dicke der Lagerplatte, da hier in den Gleichungen 259 u. 260 (S. 263) $A = 9540^{kg}$, $l_1 = 24^{cm}$, $b_1 = 50^{cm}$ und nach Fig. 640: $b_2 = 20^{cm}$ zu ſetzen ſind, gleich dem gröſseren Werte von

$$\delta = 0{,}055 \sqrt{9540 \frac{24}{50}} = 3{,}7^{cm}$$

und

$$\delta_m = 0{,}055 \sqrt{9540 \frac{50 - 20}{24}} = 6{,}0^{cm}, \quad \delta = \delta_m + 2 = 8^{cm} \text{ oder}$$

abgerundet gleich $8{,}5^{cm}$ zu machen ſein; die Randſtärke könnte theoretiſch gleich Null ſein, wird des Guſſes wegen aber gleich 2^{cm} (Fig. 640) gemacht.

Im Lager wird unter den Träger eine $1{,}5^{cm}$ ſtarke, vorher abgehobelte Platte genietet, um dem Träger, deſſen Unterfläche an ſich meiſt nicht ſehr eben iſt, eine gute Lagerfläche zu geben. Dieſe meiſt etwas verbreiterte Platte wird beiderſeits von Naſen der Grundplatte gehalten (Fig. 640). Die Befeſtigungsniete der Lagerplatte ſind unten ſorgfältig zu verſenken und eben zu feilen.

Die Grundplatte greift mit einem Anſatze in das entſprechend ausgeſtemmte Mauerwerk ein oder erhält die in Art. 327 (S. 263) erörterte Befeſtigung mit Dollen. Der Träger wird auf Eiſenkeilen ſo verlegt, daſs zwiſchen Grundplatte und Mauerwerk eine $1{,}5^{cm}$ weite offene Fuge bleibt, welche dann mit Zement vergoſſen wird. Unter Wärmeveränderungen iſt dann der ſo gelagerte Träger in der Richtung ſeiner Länge verſchiebbar. Soll er aber in Räumen mit ziemlich unveränderlicher Wärme zur Verankerung der Wände benutzt werden, ſo bohrt man in jedem Auflager zwei bis vier Löcher von etwa 2^{cm} Durchmeſſer durch die Gurtung in die Grundplatte und treibt in dieſe Eiſendorne. Bei ſtarken Wärmewechſeln iſt dieſe Anordnung, ſobald ſie in beiden Lagern ausgeführt wird, indes bedenklich, weil dadurch die Wände hin und her gerüttelt werden. Dieſe Feſtlegung iſt aber an einem Ende ſtets nötig, da der Träger ſonſt von den Lagern wandern kann.

Um zu vermeiden, dafs der Träger fich bei Durchbiegungen auf die Vorderkante der Lagerplatte fetzt, wölbt man letztere nach Art. 326 (S. 261) in der Lagerfläche, damit der Träger vorwiegend in der Mitte aufruht, nähert fich damit dann der in Fig. 625 u. 626 (S. 262 u. 263) dargeftellten Form.

Ueber dem Lager mufs der Träger eine dem ganzen Auflagerdrucke genügende Endfteife, hier 2 Winkeleifen, haben, welche durch ein eingeftecktes Knotenblech unten auf die volle Lagerlänge behufs Erzielung guter Druckverteilung ausgeweitet wird (Fig. 642).

Litteratur.

Bücher über »Eifenkonftruktionen im allgemeinen« und »Konftruktionselemente in Eifen«, fowie über »Baufchlofferei« und »Schmiedewerkskunde«.

ZIPPER's, J. Anweifung zu Schlofferarbeiten. Augsburg 1795. — 3. Aufl.: Vollftändiges Handbuch der Schloffer-Kunft etc. Herausg. v. C. HARTMANN. 1841.

GRANDPRÉ, M. J. *Manuel théorétique et pratique du ferrurier etc.* Paris 1827. — Deutfch von J. G. PETRI. Ilmenau 1830. — 8. Aufl. von A. W. HERTEL. 1865.

KÖNIG, J. Grundrifs der Schlofferkunft etc. Weimar 1848. — 4. Aufl.: Die Arbeiten des Schloffers etc. 1876.

FAIRBAIRN, W. *On the application of caft and wrought iron to building purpofes.* London 1854. — 4. Aufl. 1870. — Deutfch von D. BRAUNS. Braunfchweig 1859.

GUILLAUME. *Tableaux de la réfiftance des fers à double* T *etc.* Paris 1858.

COHEN, L. P. Tabellen zur Beftimmung der Dimenfionen gufseiferner Träger. Leipzig 1861.

GUETTIER, A. *De l'emploi pratique et raifonné de la fonte de fer dans les conftructions.* Paris 1861.

MONGÉ. *Conftructions en fer etc.* Paris 1861.

SHIELDS, F. W. *Strains on ftructures of ironwork etc.* London 1861. — 2. Aufl. 1867. — Deutfch von B. BEHR. Berlin 1861.

FINK, F. Die Schule des Baufchloffers. Leipzig 1861. — 3. Aufl. 1880.

HÄNEL, A. Abhandlung über die Conftructionsverhältniffe eiferner Gitterbalken. Stuttgart 1864.

BRANDT, E. Lehrbuch der Eifen-Konftruktionen mit befonderer Anwendung auf den Hochbau. Berlin 1864. — 3. Aufl. 1876.

LAVEDAN, P. *Guide pratique de ferrurerie ufuelle et artiftique etc.* Paris 1867.

BOILEAU, L. A. *Le fer principal élement conftructif de la nouvelle architecture.* Paris 1871.

BARRÉ, L. A. *Éléments des charpenterie métallique.* Paris 1872.

LIGER, L. *La ferronnerie ancienne et moderne etc.* Bd. I u. II. Paris 1873 u. 1876.

DES BIARS, G. *De l'emploi du fer dans les conftructions. Planchers, poitrails et linteaux en fer laminé, fupports en piliers en fonte ou en fer forgé.* Paris 1874.

KLASEN, L. Handbuch der Hochbau-Conftructionen in Eifen. Leipzig 1876.

DEMONT. *Nouveau traité de ferrurerie, ou Vignole à l'ufage des ouvriers etc.* Paris 1876.

HEINZERLING, F. Der Eifenhochbau der Gegenwart. Aachen 1876—78.

JEEP, W. Die Verwendung des Eifens beim Hochbau. Leipzig 1876—79.

INTZE, O. Tabellen und Beifpiele für eine rationelle Verwendung des Eifens zu einfachen Baukonftruktionen. Berlin 1878.

LÜDICKE, A. Praktifches Handbuch für Kunft-, Bau- und Mafchinen-Schloffer. Weimar 1878. — 2. Aufl. 1890.

CORNU, L. *Guide pratique pour l'étude et l'exécution des conftructions en fer.* Levallois-Perret 1878.

THIOLLET. *Serrurerie et fonte de fer.* Paris 1879.

LOEWE, F. Ueber Nietverbindungen. Erfter Bericht des Profeffor W. C. UNWIN an die Sub-Commiffion der *»Inftitution of Mechanical Engineers« etc.* Wien 1880.

BOILEAU, L. A. *Principes et exemples d'architecture ferronnière; les grandes conftructions édifitaires en fer; la halle-bafilique.* Paris 1880.

ZIMMERMANN, H. Ueber Eifenconftructionen und Walzprofile. Berlin 1881.

ZIMMERMANN, H. Trägheitsmomente, Widerftandsmomente und Gewichte genieteter Blechträger. Berlin 1881. — 2. Aufl. 1885.

FERRAND, J. *Le charpentier-ferrurier au XIXe fiècle. Conftructions en fer et en bois. Charpentes mixtes en fer, fonte et bois.* Paris 1881.

NOWAK, E. Der Metallbau. Leipzig 1882.

UHLAND, W. H. Handbuch für den praktifchen Mafchinen-Conftructeur. Bd. I. Leipzig 1883. S. 1.

KOULLE, H. Hülfstabellen für die Berechnung fchmiedeeiferner Stützen etc. Berlin 1884.

LAUTER, W. H. & H. RITTER. Façoneifen und deren praktifche Verwendung. Frankfurt a. M. 1885.

L'architettura del ferro. Raccolta dei motivi per coftruzioni civile, ferroviarie et artiftiche. Mailand 1885.

CORNU, L. *Guide pratique pour l'étude et l'exécution des conftructions en fer etc.* Neue Aufl. Paris 1886.

PINZGER, L. Die Berechnung und Conftruction der Mafchinen-Elemente. Heft 3: Einige Notizen über die Conftruction der Gitterträger. Die Keilverbindungen und die Schraubenverbindungen. Leipzig 1886.

SCHAROWSKY, C. Mufterbuch für Eifen-Conftructionen. Leipzig und Berlin 1887.

BARBEROT, E. *Traité pratique de ferrurerie. Conftructions en fer. Serrurerie d'art.* Paris 1888.

Fach-Bibliothek für Bau-, Kunft- und Mafchinenfchloffer, für Mechaniker, Mafchinenbauer und Schmiede. Berlin. Erfcheint feit 1890.

PFLEGER, R. Tabellen über die berechnete Tragfähigkeit der beim Hochbau zu verwendenden eifernen Träger. Leipzig 1891.

KRAUTH, TH. & F. S. MEYER. Das Schlofferbuch etc. Leipzig 1891. — 2. Aufl.: 1897.

PFLEGER, L. Tabellen über die berechnete Tragfähigkeit der beim Hochbau zu verwendenden eifernen Stützen. Leipzig 1892.

BAKER, W. L. *The beam, or technical elements of girder conftruction.* London 1892.

LAUENSTEIN, R. & A. HANSER. Die Eifenkonftruktionen des einfachen Hochbaues. Stuttgart 1895. — 2. Aufl.: 1900.

Das Handbuch des Bautechnikers. Herausg. von H. ISSEL. Heft IX: Die Eisenkonftruktionen des Hochbaues. Von R. SCHÖLER. Leipzig 1900.

Handbuch der Architektur.

III. Teil:

DIE HOCHBAUKONSTRUKTIONEN.

ZWEITE ABTEILUNG.

FUNDAMENTE.

Von Dr. Eduard Schmitt.

III. Teil, 2. Abteilung:

FUNDAMENTE.

---

1. Abſchnitt.

Fundament und Baugrund.

Der unterſte Teil des Bauwerkes, welcher den von letzterem ausgeübten Druck unmittelbar auf den darunter liegenden natürlichen Erdboden — den Baugrund — zu übertragen hat, wird Fundament[154]) genannt, und die Konſtruktion des Fundaments heiſst Gründung oder Fundierung. 335. Vorbemerkungen.

Die untere Begrenzung eines Fundaments iſt durch die eben gegebene Begriffsbeſtimmung genau gegeben; nicht ſo genau läſst ſich die obere Begrenzung desſelben feſtſetzen. Bei unterkellerten Gebäuden hört in der Regel das Fundament mit der Oberkante jenes Fundamentabſatzes auf, der in der Höhe der Kellerſohle, bezw. der Unterkante des Kellerpflaſters gelegen iſt. Bei nur teilweiſe oder gar nicht unterkellerten Bauwerken läſst ſich im allgemeinen keine ſo beſtimmte Angabe machen; bei Bauwerken ohne unterirdiſche Räume begrenzt man das Fundament am beſten durch den unmittelbar unter der Erdoberfläche gelegenen Fundamentabſatz.

Die Betrachtung der Fundamente ſoll in der Weiſe eingeteilt werden, daſs zunächſt der Baugrund zur Beſprechung kommt, hierauf die Grundſätze, die bei der Konſtruktion und Ausführung der Fundamente zu beobachten ſind, erörtert und ſchlieſslich die wichtigeren Gründungsverfahren vorgeführt werden.

Während im übrigen Hochbaukonſtruktionsweſen in den letzten 30 bis 40 Jahren weſentliche und erfreuliche Fortſchritte gemacht worden ſind, iſt ſolches auf dem Gebiete der Gründungen in etwas geringerem Maſse zuzugeben. Dieſe Erſcheinung iſt um ſo auffälliger, als im Bereiche des neueren Ingenieurbauweſens der Grundbau eine hervorragende Stellung einnimmt. Vielleicht kann neben dem eigentlichen Zwecke der nachfolgenden Betrachtung auch noch erreicht werden, daſs einige veraltete Fundamentkonſtruktionen verlaſſen werden und andere neuere, bisher verhältnismäſsig wenig ausgeführte Gründungen eine häufigere Anwendung finden.

Litteratur

über »Fundamente im allgemeinen«.

HAGEN, G. Handbuch der Waſſerbaukunſt. Theil 1, Band 2: Fundirungen. Berlin 1841. — 3. Aufl. 1870.

DOBSON, E. *Foundations and concrete works.* London 1850. — 5. Aufl. 1881.

De quelques procédés employés par les anciens dans la fondation de leurs édifices. Revue gén. de l'arch. 1855, S. 174, 230.

MÜLLER, H. Ueber Fundamentirungen. ROMBERG's Zeitſchr. f. pract. Bauk. 1855, S. 121.

SCHÄFFER. Allgemeine Ueberſicht der Fundirungen mit beſonderer Berückſichtigung der Anwendung des Eiſens im Grundbau. ROMBERG's Zeitſchr. f. pract. Bauk. 1860, S. 17, 123.

---

154) Man hat in neuerer Zeit das Fundament wohl auch »Grundbau« genannt. Da aber mit dieſem Wort vor allem diejenige Wiſſenſchaft bezeichnet wird, die ſich mit der Theorie, der Konſtruktion und der Ausführung der Fundamente befaſst, ſo wurde das Wort »Fundament« allein beibehalten.

Allgemeine Ueberficht der Fundirungen mit befonderer Berückfichtigung der Anwendung des Eifens. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1862, S. 172.

SCHWARZ, F. Der Grundbau. Berlin 1865.

CHIOLICH-LÖWENSBERG, H. v. Anleitung zum Wafferbau. Abth. 3: Entwäfferungen und Bewäfferungen, Kanal- und Kammerfchleufenbau, Fundirungen, Seebau. Stuttgart 1865. S. 100.

FOY, J. *Étude générale fur les fondations. Nouv. annales de la conft.* 1865, S. 168, 174; 1866, S. 4.

DEBAUVE, A. *Procédés et matériaux de conftruction. Tome II: Fondations.* Paris 1865.

MENZEL, C. A. Die Gründungsarten der Gebäude und die Behandlung des Baugrundes. Herausg. u. verb. von C. SCHWATLO. Halle 1866.

KNAPP's grofses Vorlagwerk aus dem Gefammtgebiete der Bau-, Ingenieur-Wiffenfchaft und Gewerbskunde. Heft I: Gründungen. Halle 1871.

MENZEL, C. A. & J. PROMNITZ. Die Gründung der Gebäude. Halle 1873.

MORANDIÈRE. *Traité de la conftruction des ponts et viaducs en pierre, en charpente et en métal. 1er fafc.* Paris 1874. S. 57.

FRAUENHOLZ, W. Bau-Conftructions-Lehre für Ingenieure. Band 3: Eifen- und Fundations-Conftructionen. München 1877. S. 275.

KLASEN, L. Handbuch der Fundirungs-Methoden im Hochbau, Brückenbau und Wafferbau. Leipzig 1879. — 2. Aufl. 1894.

FELDEGG, E. v. Allgemeine Conftructionslehre des Ingenieurs. Nach Vorträgen von R. BAUMEISTER. Carlsruhe 1879. Theil II: Fundirungen.

POWELL, G. T. *Foundations and foundation walls for all claffes of buildings.* New-York 1879. — Neue Ausg. 1885.

Handbuch der Ingenieurwiffenfchaften. Band I. Leipzig 1880. S. 695: Grundbau. — 3. Aufl. Band I, Abth. 3, S. 1: Der Grundbau. Von L. v. WILLMANN. Leipzig 1900.

BROWN, C. *Healthy foundations for houfes.* New-York 1885.

LYMAN, J. F. *Building foundations. Building*, Bd. 4, S. 45, 87, 140, 183, 283.

KIDDER, F. E. *Building conftruction and fuperintendence. Foundations. Architecture and building.* Bd. 18, S. 208, 231, 255.

Handbuch der Baukunde. Abth. III, Heft 1: Der Grundbau. Von L. BRENNECKE. Berlin 1887. — Ergänzungen zum Grundbau. Berlin 1895.

STRUCKEL, M. Der Grundbau etc. Helsingfors 1895.

---

1. Kapitel.

Baugrund.

a) Befchaffenheit des Baugrundes.

336. Technifche Anforderungen.

Die Befchaffenheit oder Qualität des Baugrundes, auch Untergrund genannt, ift in erfter Reihe vom technifchen Standpunkte aus zu beurteilen. Bei folchen Bauwerken, welche zum Aufenthalt von Menfchen und Tieren dienen follen, treten zu den rein technifchen auch noch gefundheitliche Anforderungen hinzu.

Die technifche Beurteilung eines Baugrundes bezieht fich hauptfächlich auf fein Verhalten gegen den vom Fundament ausgeübten Druck. Die verfchiedenen Bodenarten zeigen in diefer Beziehung eine nicht geringe Mannigfaltigkeit, und für die hierdurch bedingte Befchaffenheit des Baugrundes find insbefondere die nachftehenden Faktoren mafsgebend.

337. Feftigkeit.

1) Die Befchaffenheit des Baugrundes hängt in erfter Reihe von feiner Feftigkeit ab, d. h. von feiner Widerftandsfähigkeit gegen den vom Bauwerk ausgeübten Normaldruck. Bezüglich diefer Eigenfchaft der verfchiedenen Bodenarten unterfcheidet man prefsbaren und unprefsbaren Baugrund. Zu letzterem gehören

alle Bodenarten, welche dieſelbe oder eine gröſsere Druckfeſtigkeit wie das Fundamentmauerwerk beſitzen; alle übrigen Bodenarten werden als preſsbare bezeichnet.

Zum unpreſsbaren Baugrund gehören die maſſigen Felsarten (Baſalt, Granit, Syenit, Porphyr, harter Kalk- und Sandſtein etc.), ferner geſchichtete Felsarten, in denen ſich keine Rutſchflächen bilden können, und ganz feſte Geſchiebeablagerungen (von mindeſtens 4 bis 6m Mächtigkeit), welche auf anderen guten Bodenſchichten aufruhen. Bei den preſsbaren Bodenarten iſt das gegenſeitige Verhältnis zwiſchen dem vom Bauwerk ausgeübten Normaldruck und dem Maſs der Preſsbarkeit für die Beſchaffenheit des Baugrundes entſcheidend. Ueber die Grenzen, welche in dieſer Richtung noch zuläſſig ſind, bezw. welche einen Baugrund als überhaupt noch brauchbar erſcheinen laſſen, wird ſpäter die Rede ſein.

2) Die Beſchaffenheit des Baugrundes iſt nicht allein durch ſeine Druckfeſtigkeit, ſondern auch durch die Mächtigkeit der betreffenden Bodenſchicht bedingt. Ein ſonſt guter Baugrund, der in geringer Mächtigkeit auf einer lockeren Bodenſchicht lagert, iſt infolge deſſen auch ſchlecht; ebenſo wird eine weniger gute Bodenart dadurch, daſs ſie in dünner Lage auf einer ganz feſten Schicht aufruht, etwas beſſer. 338. Mächtigkeit der Schichten.

Hat die tragfähige Schicht eine genügende Mächtigkeit, ruht ſie aber auf einer weicheren Schicht auf, ſo muſs man bei Ausführung des Fundaments die erſtere möglichſt wenig ſchwächen, d. h. man muſs das Fundament thunlichſt wenig in die tragfähige Schicht verſenken. Hat man z. B. unter dem zu errichtenden Gebäude Kellerräume anzulegen, ſo iſt man allerdings genötigt, von der tragfähigen Schicht ſo viel abzugraben, als die gewünſchte Kellertiefe es erfordert. Bei geringerer Mächtigkeit dieſer Schicht jedoch kann es unter Umſtänden geboten ſein, die Keller ſo hoch als irgend thunlich zu legen, d. h. dieſelben möglichſt hoch aus der Erde herauszubauen.

3) Auf die Beſchaffenheit des Baugrundes iſt auch von Einfluſs, welche Neigung die betreffenden Bodenſchichten haben. Je mehr durch die vorliegenden Neigungsverhältniſſe das Abgleiten einzelner Schichten begünſtigt werden kann, deſto mehr verliert der fragliche Baugrund an Güte. 339. Neigung der Schichten.

4) Durch das Waſſer, welches bald als Grundwaſſer, bald als offen ſtehendes, als flieſsendes oder als wellenſchlagendes Waſſer auftritt, iſt die Beſchaffenheit des Baugrundes gleichfalls in erheblicher Weiſe bedingt. Vom Einfluſſe des Waſſers, der im Erweichen des Bodenmaterials, im Auswaſchen desſelben etc. beſtehen kann, wird noch eingehend geſprochen werden. An dieſer Stelle ſoll nur hervorgehoben werden, daſs Bodenarten, die ſonſt einen ganz geeigneten Baugrund abgeben würden, durch das Vorhandenſein von Waſſer unbrauchbar werden können. 340. Waſſer.

5) Für die Beſchaffenheit des Baugrundes iſt endlich noch von Wichtigkeit, ob nachteilige Veränderungen desſelben zu erwarten ſtehen oder ob auf ſolche Rückſicht genommen werden muſs. Indem bezüglich dieſes Gegenſtandes gleichfalls auf ſpätere Betrachtungen verwieſen wird, ſei hier nur bemerkt, daſs mit derartigen Veränderungen in den betreffenden Bodenſchichten auch eine Aenderung in ihrer Beſchaffenheit als Baugrund eintritt. 341. Veränderungen.

Aus dem Geſagten geht hervor, daſs die Beſchaffenheit eines Baugrundes, inſoweit ſie vom techniſchen Standpunkt aus zu beurteilen iſt, durch eine nicht geringe Zahl von Faktoren beeinfluſst wird, und daſs es ſorgfältiger Vorerhebungen und Bodenunterſuchungen bedarf, bevor man die Beſchaffenheit des Baugrundes in genügender Weiſe beurteilen kann. Obwohl ſich ſolche Unterſuchungen mit groſser Genauigkeit durchführen laſſen, fehlt es doch häufig an einem ſicheren Maſsſtabe zur genauen Schätzung der Tragfähigkeit des Baugrundes. Man iſt deshalb veranlaſst, die verſchiedenen Bodenarten zu klaſſifizieren und ſich dadurch allgemeine Anhaltspunkte für die ſog. Güte des Baugrundes zu verſchaffen. 342. Einteilung und Verſchiedenheit.

Mit Rückficht auf die letztere Bezeichnung kann man den unprefsbaren Baugrund auch als fehr guten Baugrund bezeichnen und den prefsbaren Baugrund in nachftehender Weife unterteilen:

1) Guter Baugrund, der fich nur in geringem Mafse zufammenpreffen läfst, wie grober und feft gelagerter Kies (von mindeftens 2 bis 3 m Mächtigkeit), Gerölle, (von gleicher Mächtigkeit), fefter Mergel, zerklüfteter Felfen etc., ferner, wenn kein Erweichen durch das Waffer ftattfinden kann, fefter Lehm und Thon, fowie alle Mifchungen von Sand und Thon (in Schichten von mindeftens 2 bis 3 m Mächtigkeit).

2) Ziemlich guter Baugrund, der zwar prefsbarer als der gute Baugrund ift, deffen Nachgiebigkeit jedoch für den Beftand des Bauwerkes meift unfchädlich ift, wie fefter Lehm und grober Sand, erfterer jedoch nur, wenn er vom Waffer nicht erweicht werden kann, letzterer nur, wenn er feft gelagert ift, keine thonigen und humofen Teile enthält und wenn er nicht künftlich (durch Wafferfchöpfen) oder natürlich (durch Aufheben des Gleichgewichtes im Waffer) in Triebfand verwandelt werden kann [155].

3) Schlechter Baugrund, d. i. folcher Boden, der zwar nicht knetbar ift, aber jedem etwas ftärkeren Drucke nachgiebt, dabei zum Teile feitlich ausweicht, wie feiner Sand, naffer Lehm und Thon, Damm- und andere vegetabilifche Erde, aufgefüllter Boden etc.

Vegetabilifche Erden und aufgefüllter Boden bilden nicht nur ihrer grofsen Prefsbarkeit halber einen fchlechten Baugrund, fondern auch wegen ihres bedeutenden Gehaltes an mineralifchen und organifchen Stoffen, welche das Mauerwerk in fchädlicher Weife beeinfluffen. Zu den erfteren gehören insbefondere die Chlorfalze, zu letzteren ftickftoffhaltige Beimengungen, welche durch die Bodenfeuchtigkeit in Verwefung geraten und die Bildung des fog. Mauerfrafses veranlaffen. Insbefondere ift der Grund und Boden unferer Städte häufig durch eingefickerte Fäkalflüffigkeit ganz verdorben.

4) Sehr fchlechter Baugrund oder ganz weicher, meift knetbarer Boden, der feitlich ausweicht, fobald er belaftet wird, wie Torf, Moorboden, Humus, Flugfand, Triebfand etc.

343. Allgemeine Verhältniffe.

Nur in fehr feltenen Fällen bildet die oberfte Erdfchicht einen brauchbaren Baugrund; nur vollftändig froft- und witterungsbeftändiger Felfen gehört hierzu. Sonft hat man es entweder mit einer fo lockeren Bodenart zu thun, dafs ein Bauwerk überhaupt nicht darauf gefetzt werden kann; oder es liegt eine feftere Schicht zu Tage, die jedoch durch Froft und andere atmofphärifche Einflüffe gelockert wird und deshalb auch nicht als Baugrund verwendet werden kann.

Auf dem flachen Lande ift es häufig die fog. Mutter- und Ackererde, welche die oberfte Erdfchicht bildet und die unter allen Umftänden als Baugrund ungeeignet ift, nicht nur weil fie zu weich ift, fondern auch deshalb, weil fie infolge ihres ftarken Humusgehaltes leicht Anlafs zur Schwammbildung giebt. In Städten findet man häufig aufgefüllten Schutt, auf den ein Bauwerk gleichfalls nicht gefetzt werden kann.

Findet man an der Bauftelle fchlechte oder fehr fchlechte Bodenarten, fo verfährt man, fobald dies möglich ift, am beften in der Weife, dafs man die lockeren Bodenfchichten abgräbt, bis man auf eine tragfähige Schicht gelangt; in der fo gebildeten Baugrube kann alsdann das Fundament unmittelbar ausgeführt werden. Ift diefes Verfahren nicht zuläffig, fo mufs durch entfprechende Konftruktion und Ausführung des Fundaments felbft dem Bauwerk die erforderliche Standfeftigkeit

155) Aller Sand kann Triebfand werden, der feine am leichteften.

verliehen werden; bisweilen kann schlechter Baugrund auch verbessert werden, wovon noch unter c die Rede sein wird.

Auf ziemlich guten Baugrund können Gebäude ohne weiteres gesetzt werden, wenn sie einen verhältnismäfsig nur kleinen Druck ausüben und wenn ein geringes Setzen des Gebäudes für seinen Bestand unschädlich ist. Sonst mufs man den Baugrund künstlich zu befestigen suchen.

Der gute Baugrund ist im stande, die meisten vorkommenden Bauwerke mit Sicherheit zu tragen; bei sehr gutem Baugrund ist die Grenze der Tragfähigkeit noch niemals erreicht worden.

Zu den technischen Bedingungen, welche ein guter Baugrund zu erfüllen hat, treten bei zum Bewohnen bestimmten Gebäuden noch die Anforderungen der Hygiene hinzu. Diese beziehen sich im wesentlichen darauf, dafs die von Menschen und Tieren zu benutzenden Räume durch den Baugrund nicht »feucht« gemacht werden sollen und dafs der Baugrund an diese Räume auch keine gesundheitsschädlichen, von der Verwesung organischer Stoffe hauptsächlich herrührenden Gase abgeben darf[156]). In unseren Städten ist es hauptsächlich das Grundwasser, welches Kellerwohnungen und andere unterirdische Räume feucht macht, und im wesentlichen ist es der Inhalt von Abortgruben, Unratskanälen, Stall- und Kehrichtgruben, welcher bei schlechter Konstruktion dieser Anlagen in den umgebenden Boden sickert und denselben dadurch verpestet. Auf dem flachen Lande treten diese Uebelstände infolge der daselbst herrschenden Bauweise weniger stark auf; dort ist namentlich der sumpfige Boden, welchem die bekannten schädlichen Sumpfgase ihre Entstehung verdanken, nachteilig. (Siehe auch Teil III, Band 4 u. 5 dieses »Handbuches«, S. 1 u. ff.[157]).

344. Gesundheitliche Anforderungen.

Ohne den Wert und die Bedeutung dieser gesundheitlichen Anforderungen zu verkennen, haben dieselben für den Architekten, sobald er die Beschaffenheit eines Baugrundes als gut oder schlecht zu bezeichnen hat, doch im allgemeinen nur einen akademischen Charakter. In unseren Städten und auch an anderen Orten ist die Baustelle in der Regel so scharf oder doch innerhalb so enger Grenzen gegeben, dafs das Gebäude, unbekümmert ob der Baugrund in gesundheitlicher Beziehung entspricht oder nicht, daselbst ausgeführt werden mufs. Die Hauptaufgabe des Architekten besteht alsdann nur darin, durch zweckmäfsige Konstruktion der Fundamente des Gebäudes und seiner sonstigen Teile den gesundheitsschädlichen Einflufs des Baugrundes möglichst unwirksam zu machen[158]).

Gegen das Eindringen der Grundluft in die Kellerräume sichert eine unter dem ganzen Gebäude durchgehende Betonschicht; eine Lage von fettem Thon ist nicht so wirksam. Soll auch die das Gebäude umgebende Bodenschicht keine Grundluft an dasselbe abgeben, so mufs man die Kellermauern nach aufsen freilegen, was durch Anordnung eines ringsum laufenden Luft- oder Isoliergrabens[159]) erreicht wird.

---

156) Die Gasmenge, welche die obere Bodenschicht enthält, oder was das Gleiche ist, die Gase, welche die Poren dieser Schicht durchsetzen, heifsen Grundluft oder Bodenluft. Dieselbe befindet sich fast unausgesetzt in einem Zustande langsamer Bewegung, hervorgerufen durch die Temperaturschwankungen im Erdboden, durch den einsickernden Regen, durch Luftdruckänderungen etc. Die Grundluft ist weder in ihrer Menge, noch in ihrer Zusammensetzung unveränderlich; die erstere ist hauptsächlich vom Feuchtigkeitsgehalt des Bodens abhängig, letztere insbesondere von der ursprünglichen Beschaffenheit des letzteren und von der Beschaffenheit jener Stoffe, welche ihm durch Luftwechsel, atmosphärische Niederschläge oder aus besonderen Quellen der Verunreinigung (Abortgruben, Unratskanäle, Kehricht- und Düngergruben etc.) zugeführt werden. (Siehe: PETTENKOFER, M. v. Der Boden und sein Zusammenhang mit der Gesundheit des Menschen. Berlin 1882.)

Die Grundluft strömt durch die Sohle der Kellerräume in das Innere der Gebäude ein; das Emporsteigen derselben wird schon durch die Gleichgewichtsstörungen befördert, denen die Innenluft durch das Oeffnen von Thüren und Fenstern, durch die Verschiedenheit in der Temperatur der einzelnen Innenräume etc. unterworfen ist, am meisten aber durch die Einrichtungen für Heizung und Lüftung des Gebäudes, sowie durch die sonst vorhandenen Feuerstellen, Schornsteine etc.

157) Siehe auch: Die Hausfundirung in gesundheitlicher Beziehung. Deutsches Baugwksbl. 1892, S. 498, 512 — ferner: PROSKAUER, B. Ueber die hygienische und bautechnische Untersuchung des Bodens auf dem Grundstücke der Charité und des sog. »Alten Charité-Kirchhofes«. Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 11, S. 3.

158) Vergl. HASELBERG, E. v. Ueber den Baugrund der Wohnhäuser. Deutsche Viert. f. öff. Gesundheitspfl. 1870, S. 35.

159) Siehe auch Teil III, Bd. 2, Heft 1 (Abt. III, Abschn. 1, A, Kap. 12: »Schutz der Wände gegen Feuchtigkeit«).

Durchgehende Betonſchicht ſowohl, als auch Luftgräben dienen gleichfalls dazu, um die Bodenfeuchtigkeit vom Gebäude abzuhalten. Von anderen Mitteln, das Eindringen von Grundwaſſer in die Kellerräume und das Feuchtwerden des Mauerwerkes etc. zu verhüten, wird noch ſpäter die Rede ſein.

b) Unterſuchung des Baugrundes.

345. Allgemeines. Da von der Beſchaffenheit des Baugrundes zum groſsen Teile die Konſtruktion und Ausführung der Fundamente abhängt, da ferner der Beſtand eines Bauwerkes weſentlich durch die richtige Gründung desſelben bedingt iſt, erſcheint es von groſser Wichtigkeit, von vornherein die Bodenbeſchaffenheit der in Ausſicht genommenen Bauſtelle genau zu kennen. In manchen Fällen liegen in dieſer Beziehung bereits die nötigen Erfahrungen vor, indem z. B. in der unmittelbaren Nähe der Bauſtelle bereits Gründungen ausgeführt worden ſind, oder die geologiſchen Verhältniſſe ſind ſo einfach und untrüglich, daſs ſie einen zuverläſſigen Anhaltspunkt gewähren; alsdann ſind beſondere Vorarbeiten, welche die eingehende Ermittelung der Bodenbeſchaffenheit bezwecken, nicht erforderlich.

Sobald jedoch ſolche Anhaltspunkte nicht vorliegen, ſind beſondere Bodenunterſuchungen vorzunehmen; dieſelben ſollten in ſolchen Fällen niemals unterlaſſen und ſtets auf das ſorgfältigſte vorgenommen werden. Nur auf Grundlage der genaueſten Unterſuchungen dieſer Art läſst ſich das richtige Gründungsverfahren wählen, und nur in ſolcher Weiſe laſſen ſich ſpätere Rekonſtruktionsarbeiten, welche ſtets ſehr zeitraubend und koſtſpielig ſind, vermeiden; unter Umſtänden kann bloſs auf dieſem Wege dem baldigen Verfalle eines Bauwerkes vorgebeugt werden.

Die Unterſuchung des Baugrundes hat die Bodenſorten feſtzuſtellen, welche auf der Bauſtelle vorhanden ſind. Hierbei genügt es nicht, bloſs die Aufeinanderfolge der verſchiedenen Bodenſchichten zu ermitteln; ſondern es müſſen auch ihre Mächtigkeit und Neigung feſtgeſtellt werden. Auf einer ausgedehnteren Bauſtelle genügt es ferner nicht, nur zu unterſuchen, wie die Bodenſchichten übereinander wechſeln; vielmehr muſs auch ermittelt werden, ob nicht nebeneinander gelegene Teile des Baugrundes gleichfalls von wechſelnder Beſchaffenheit ſind. Es kommt auf gröſseren Bauplätzen nicht ſelten vor, daſs einzelne Stellen ganz feſten, die zunächſt liegenden aber ſchlechten Boden zeigen. Man hat deshalb auf etwas ausgedehnteren Bauſtellen die Bodenunterſuchung an mehreren Punkten vorzunehmen; man hat dieſelbe insbeſondere an ſolchen Punkten auszuführen, wo ſpäter die gröſste Belaſtung ſtattfinden wird, alſo z. B. an den Gebäudeecken, an Stellen, wo ſtark belaſtete Freiſtützen, ſchwere Maſchinen etc. zu ſtehen kommen.

Bisweilen müſſen die Bodenunterſuchungen auch auf die Umgebung der Bauſtelle ausgedehnt werden; dies wird insbeſondere dann erforderlich, wenn nachteilige Veränderungen des Baugrundes durch Waſſer, Rutſchungen etc. nicht ausgeſchloſſen ſind.

Zu den Bodenunterſuchungen gehört in gewiſſem Sinne auch die Ermittelung der Grundwaſſerverhältniſſe; die Kenntnis des höchſten Grundwaſſerſpiegels iſt hauptſächlich für die Ausführung, die Kenntnis des niedrigſten Grundwaſſerſpiegels häufig für die Konſtruktion des Fundaments maſsgebend. In gleicher Weiſe iſt bei Bauwerken an den Ufern von Flüſſen, Seen etc., ebenſo bei Bauwerken, welche in ſolchen Gewäſſern zu errichten ſind, die Kenntnis der höchſten, mittleren und niedrigſten Waſſerſtände von Wichtigkeit.

Die Tiefe, auf welche im Hochbauweſen Bodenunterſuchungen vorgenommen werden, iſt in der Regel keine bedeutende; man wird in dieſer Beziehung nur ſelten

bis 10 m gehen und nur ausnahmsweife die Unterfuchungen auf noch gröfsere Tiefen ausdehnen; doch dürfte man auch dann nicht leicht über 20 m gehen.

Man kennt im wefentlichen fechs Verfahren der Bodenunterfuchung, nämlich: das Aufgraben des Bodens, die Unterfuchung mit dem Sondiereifen, das Einfchlagen von Probepfählen, die Anlage von Bohrlöchern, die Probebelaftungen und die Anwendung von *Mayer*'s Fundamentprüfer.

1) Aufgraben des Bodens. Dies ift das ficherfte und befte Verfahren der Bodenunterfuchung. Indem man auf der Bauftelle an verfchiedenen, paffend gewählten Punkten Vertiefungen ausgräbt, hat man die Lage und Befchaffenheit der Bodenfchichten, fowie ihre Mächtigkeit deutlich vor Augen. Die Anwendung diefes Verfahrens ift einerfeits durch die hohen Koften, andererfeits durch das etwaige Vorhandenfein von Waffer befchränkt. Durch das in letzterem Falle notwendige Wafferfchöpfen werden nicht nur die Koften erhöht; bei manchen Bodenarten (Kies, Sand etc.) wird dadurch auch die Befchaffenheit derfelben geändert. 346. Aufgraben des Bodens.

Bei geringerer Tiefe werden einzelne Gruben mit möglichft fteilen Wandungen ausgehoben; bei gröfserer Tiefe ift man genötigt, in bergmännifcher Weife fog. Probe- oder Verfuchsfchächte abzuteufen, nötigenfalls auszubauen. Die Gruben müffen eine fo grofse Sohle erhalten, dafs ein bis zwei Arbeiter fich darauf bewegen können; die Schächte erfordern in der Regel eine gröfsere Grundfläche, weil darin auch noch Vorrichtungen zum Emporfchaffen der ausgegrabenen Bodenmaffen angebracht werden müffen.

2) Sondieren[160]. Das Sondier- oder Vifitiereifen, auch Sondiernadel genannt, ift eine Eifenftange von 2,00 bis 3,50 m Länge und 25 bis 45 mm Dicke, welche unten mit einer langen Spitze verfehen ift und in den Boden eingeftofsen, eingedreht oder eingerammt wird. Unten, nahe an der Spitze, ift eine Vertiefung angebracht, die mit Talg ausgefüllt wird; am oberen Ende ift das Eifen behufs Handhabung mit einem Knopf (Fig. 643), einem Bügel (Fig. 645) oder einem Drehhebel (Fig. 644) verfehen. Bei gröfserer Tiefe fetzt man das Sondiereifen aus zwei oder drei Stücken zufammen, die miteinander verfchraubt werden (Fig. 645). 347. Sondieren.

Fig. 643.



Fig. 644.

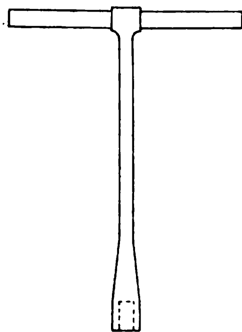
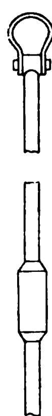


Fig. 645.



Sondiereifen.

Aus dem geringeren oder gröfseren Widerftand beim Eindringen des Sondiereifens in den Boden, ferner aus dem Gefühle beim Hineinftofsen desfelben, endlich aus den Bodenteilchen, die nach dem Herausziehen des Eifens daran hängen, kann man, bei einiger Erfahrung und Uebung, auf die Befchaffenheit der durchftofsenen Bodenfchichten fchliefsen.

Stöfst man das Eifen in den Boden und fährt es dabei tief hinein, fo ift der Baugrund fehr weich; wenn es jedoch nur wenig eindringt, fo ift er feft. Knirfcht das Eifen beim Eindringen, fo hat es fandigen Boden erreicht. Dreht man das Eifen und ftöfst man mit dem Kopfe desfelben gegen das Erdreich, fo giebt auch der hierbei erzeugte Ton einigen Auffchlufs: ein heller Ton deutet auf fefte Bodenfchichten; ein dumpfer Ton läfst darauf fchliefsen, dafs das Eifen entweder fchon auf weiche Schichten geftofsen oder doch die nächft tiefere Schicht weich ift.

Die Bodenunterfuchung mit dem Sondiereifen wird in vielen Fällen als einziges Unterfuchungsverfahren benutzt; fie kann aber auch mit grofsem Vorteil Verwen-

[160]) Unter Sondierungen verfteht man häufig nicht nur Bodenunterfuchungen mit dem Sondier- oder Vifitiereifen, fondern jede Art von Bodenunterfuchung.

dung finden, wenn man bereits durch Ausgraben eine feste Bodenschicht gefunden hat und sich von der Mächtigkeit derselben, bezw. von der Beschaffenheit der tiefer liegenden Schichten überzeugen will. Das Sondieren kann auch dann ausgeführt werden, wenn der zu untersuchende Baugrund unter Wasser steht. Man benutzt für diesen Fall wohl auch Sondiernadeln, die in verschiedenen Höhen mit sog. Taschen versehen sind, d. h. mit Oeffnungen, welche durch die ganze Dicke des Eisens hindurchgehen und sich mit den Erdteilchen der durchstoßenen Schichten anfüllen.

348. Einschlagen von Probepfählen. 3) Einschlagen von Probepfählen. Dieses Verfahren ist nur eine etwas abgeänderte Anwendung des Sondiereisens; man erhält durch dieselbe nur über die Widerstandsfähigkeit, nicht aber über die Schichtung des Baugrundes Aufschluss. Aus dem langsamen oder schnellen Eindringen des Pfahles bei einer gewissen Anzahl von Rammschlägen, bei einem bestimmten Gewicht und einer bestimmten Fallhöhe des Rammbären, urteilt man über die Festigkeit des Baugrundes. Man wendet dieses Verfahren namentlich dann an, wenn man glaubt annehmen zu dürfen, dass eine Pfahlgründung notwendig werden wird; man erfährt alsdann, wie lang die anzuwendenden Pfähle sein müssen, welches Gewicht der Rammbär haben, wie groß seine Fallhöhe etc. sein muss.

349. Erdbohrungen. 4) Erdbohrungen. Bodenuntersuchungen, welche durch Anlage von Bohrlöchern vorgenommen werden, gestatten die größte Tiefe. Sie kommen deshalb namentlich dann zur Anwendung, wenn es auf eine genaue Kenntnis der Beschaffenheit der einzelnen Schichten ankommt, und wenn die Untersuchung auf eine größere Tiefe ausgedehnt werden soll.

Die Bohrlöcher, die mittels der sog. Erdbohrer ausgeführt werden, erhalten 7 bis 15 cm Weite und übersteigen, wie schon angedeutet wurde, für die vorliegenden Zwecke selten 20 m Tiefe[161]).

Mit Hilfe des Bohrers oder mittels anderer Hebevorrichtungen holt man aus dem Bohrloch das gelöste Bodenmaterial hervor und lernt hierdurch, sowie durch die erreichte Bohrlochtiefe die Bodenbeschaffenheit kennen.

Bei der Ausführung der Bohrarbeit ist entweder eine drehende oder eine stoßende, bezw. frei fallende Bewegung des Bohrers erforderlich. Die drehende Bewegung erfordert immer ein steifes und starkes Gestänge; für die stoßende und frei fallende Bewegung genügt ein schwächeres Gestänge, welches auch durch ein Seil ersetzt werden kann. Das Freifallbohren kommt nur bei größeren Bohrlochtiefen in Frage, wird deshalb im nachstehenden nicht weiter berücksichtigt werden.

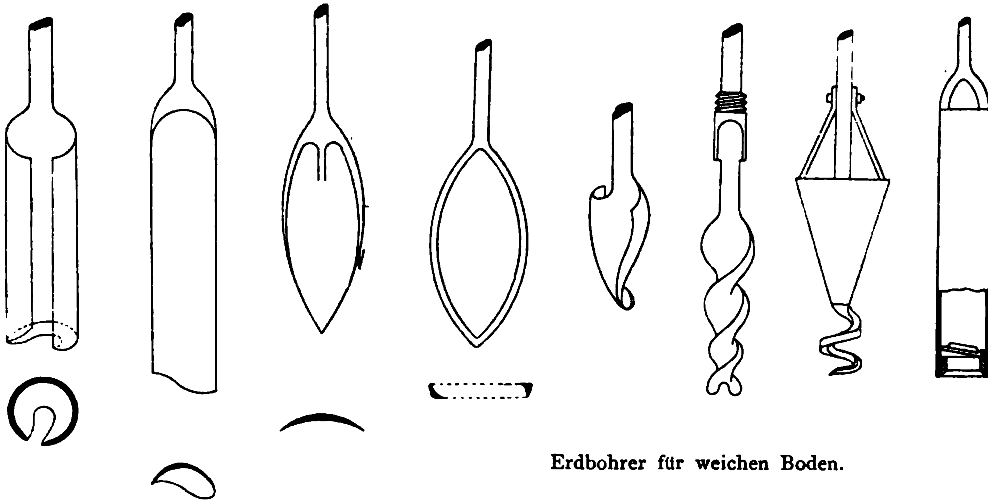
Die Erdbohrtechnik hat sich in so mannigfaltiger Gestalt entwickelt und eine so große Bedeutung im Bergbau und im Bauwesen erreicht, dass sie sich zu einem selbständigen Fache ausgebildet hat. Im vorliegenden »Handbuch« können nur einige Grundzüge derselben wiedergegeben werden; im übrigen muss auf die einschlägige Literatur[162]) verwiesen werden.

161) Für andere Zwecke, wie z. B. für artesische Brunnen, bergmännische Zwecke etc., werden viel weitere (50 cm und darüber) Bohrlöcher angewendet und sehr bedeutende Tiefen (1200 m und mehr) erreicht.

162) FROMMAN, C. W. Die Bohrmethode der Chinesen oder das Seilbohren. Coblenz 1835.
KIND, C. G. Anleitung zum Abteufen der Bohrlöcher. Luxemburg 1842.
ROST, G. H. A. Deutsche Bergbohrer-Schule. Thorn 1843.
BEER, A. H. Erdbohrkunde. Prag 1858.
DEGOUSSÉE, M. & CH. LAURENT. *Guide du fondeur ou traité théorétique et pratique des fondages.* 2. Aufl. Paris 1861.
GÄTZSCHMANN. Die Aufsuchung und Untersuchung von Lagerstätten nutzbarer Materialien. 2. Aufl. Leipzig 1866.
SERLO, A. Bergbaukunde. 2. Aufl. Bd. 1. Berlin 1873. S. 50.

a) Drehbohren in weichem Boden. Für weichere und lockere Bodenarten werden meift Bohrer verwendet, welche eine cylindrifche, fchaufelförmige oder löffelartige Geftalt haben; feltener kommen becherförmige, pumpenartige und anders geftaltete Bohrer in Benutzung. Ihr Durchmeffer beträgt 10 bis 15 cm. 350. Drehbohren in weichem Boden.

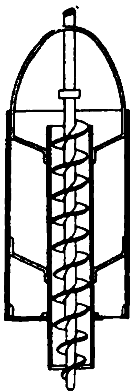
Das Geftänge befteht meift aus im Querfchnitt quadratifchen Stangen von gefchmiedetem Eifen, die nur felten über 6 m Länge erhalten; die einzelnen Stangen



Erdbohrer für weichen Boden.

werden durch Verfchraubung oder mittels Schwalbenfchwanz miteinander verbunden. Man hat aber auch hölzerne Geftänge und folche aus gezogenen Eifenrohren angewendet.

Fig. 654.



Der Schaufelbohrer (Fig. 646 u. 647) befteht aus einem hohlen, feitlich aufgefchlitzten Cylinder, der, je nach dem Zufammenhange der zu erbohrenden Bodenart, mehr oder weniger gefchloffen ift und deffen Boden, bezw. deffen Unterkante fchraubenartig geftaltet ift. Der Bohrlöffel (Fig. 648 u. 649) hat eine löffelförmige Geftalt und wird in fettem Boden verwendet, aus welchem er beim Drehen dünne Schalen abfchneidet. Aehnlich, jedoch vorteilhafter wirkt der Schneckenbohrer (Fig. 650), ift aber fchwerer herzuftellen. Der mit fteileren oder flacheren Schraubenwindungen verfehene Schlangenbohrer (Fig. 651) wird nach dem Eindrehen lotrecht emporgehoben, wobei er etwas Bodenmaterial mitnimmt. Ift in naffem Sande zu bohren, fo verwendet man entweder den nach Fig. 653 geftalteten Sandlöffel oder aber Sandpumpen, welche ebenfo wie die gewöhnlichen Kolbenpumpen eingerichtet find; feltener kommen der Sandbecher (Fig. 652), in welchen der erbohrte, naffe Sand von oben hineinftürzt, und die Sandfchraube (Fig. 654) zur Anwendung.

Das Drehen des Geftänges gefchieht in der Regel durch einen hölzernen oder eifernen Drehhebel, der am oberften Stück des Geftänges mittels Schrauben oder Keile befeftigt wird.

Stoz, W. Bohrapparat für jedes Gebirge, jede Tiefe und Weite der Bohrverfuche bei Gewinnung von fortlaufenden Gebirgskernen. Stuttgart 1876.
Fauck, A. Anleitung zum Gebrauche des Erdbohrers. Leipzig 1877.
Strippelmann, L. Die Tiefbohrtechnik im Dienfte des Bergbaus und der Eifenbahntechnik. Halle 1877.
Geisendorfer. *Appareils de fondage.* Paris 1881.
Romain, A. *Nouveau manuel du fondeur etc.* Paris 1881.
Fauck, A. Fortfchritte in der Erdbohrtechnik. Leipzig 1885.
Tecklenburg, Th. Handbuch der Tiefbohrkunde. Leipzig. 1886 ff.

In lockerem Boden müffen die Bohrlochwandungen durch Ausfütterung gegen das Zufammenftürzen gefichert werden. In demfelben Mafse, als das Bohrloch vorwärts fchreitet, treibt man fog. Futterrohre (durch Einrammen oder durch toten Druck) ein. Dies find bisweilen hölzerne gebohrte Rohre oder hölzerne Kaftenrohre; häufiger find es gufseiferne, meiftens aber aus Eifenblech zufammengenietete Rohre.

351. Drehbohren in fteinigem Boden.

β) Drehbohren in fteinigem Boden. Für fteinigen Baugrund kommen Röhrenbohrer zur Anwendung, deren Krone entweder mit 8 bis 10 ftählernen Meifselzähnen oder mit 8 bis 12 fchwarzen Diamanten befetzt ift (Fig. 655).

Fig. 655.



Diamantbohrer.

Bohrer und Geftänge find röhrenförmig; durch den Hohlraum wird Druckwaffer bis auf die Sohle des Bohrloches eingeführt; dasfelbe fteigt zwifchen Röhre und Bohrlochwandung in die Höhe und fördert dabei das Bohrmehl empor.

Die erfte Anwendung von Diamanten zum Gefteinsbohren fcheint *Leschot* gemacht zu haben; in Amerika und durch den englifchen Kapitän *Beaumont* wurde diefes Verfahren, welches auch englifche Bohrmethode heifst, wefentlich vervollkommnet.

Das Geftänge wird am beften aus Stahlrohren von 5 bis 6 cm Durchmeffer und ca. 2,5 m Länge gebildet; die Verbindung der einzelnen Stücke miteinander gefchieht durch Muffen von gleichem oder von gröfserem Durchmeffer.

Durch befondere mafchinelle Einrichtungen wird das Geftänge in fchnelle Drehung (100 bis 200 Umdrehungen in der Minute) verfetzt und hierbei ein ringförmiges Bohrloch gebildet. Im Hohlraum des Bohrers bleibt ein Gefteinskern ftehen; fobald diefer eine gröfsere Länge erreicht hat, läfst man das Geftänge leer laufen, wobei der Kern vom letzteren, infolge der Zentrifugalkraft, abgebrochen wird. Alsdann kann man denfelben hervorholen.

Ein grofser Vorzug diefes Bohrverfahrens ift in der Gewinnung fortlaufender Gefteinskerne zu fuchen, aus denen man nicht nur ganz genau die Gebirgsart, fondern auch das Einfallen der Schichten erkennen kann. Diefem Vorteile ftehen die hohen Koften des Bohrbetriebes gegenüber.

Fig. 656.

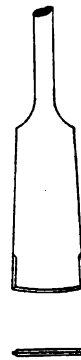


Fig. 657.

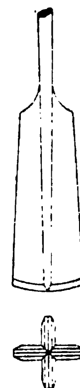
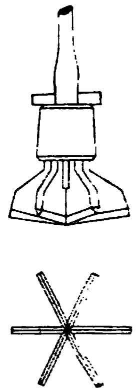


Fig. 658.



Stofsbohrer.

352. Stofsbohren.

γ) Stofsbohren. In felfigem und anderem fteinigen Boden können Bohrlöcher auch in der Weife hergeftellt werden, dafs man meifselartig geftaltete Bohrer ftofsweife auf das Geftein einwirken läfst; die losgelöften Steinfplitter, der fog. Bohrfchmand, wird mittels befonderer Vorrichtungen (Bohrlöffel) hervorgeholt.

Am häufigften wird der einfache Meifselbohrer (Fig. 656) angewendet; doch werden auch der Kreuzbohrer und der Kolbenbohrer mit mehreren fich kreuzenden Schneiden (Fig. 657 u. 658) und der Kronenbohrer nicht felten benutzt, namentlich wenn einzelne feftere und gröfsere Steine zertrümmert werden follen.

Das Geftänge ift ähnlich wie das unter α befchriebene eingerichtet; nur kann es hier etwas fchwächer gehalten werden. Die Schläge werden in der Weife ausgeführt, dafs man über Tag das Geftänge um ein beftimmtes Stück hebt und alsdann fallen läfst. Nach jedem Schlage wird der Bohrer etwas gedreht (gefetzt), damit er ftets neue Stellen des Gefteines trifft.

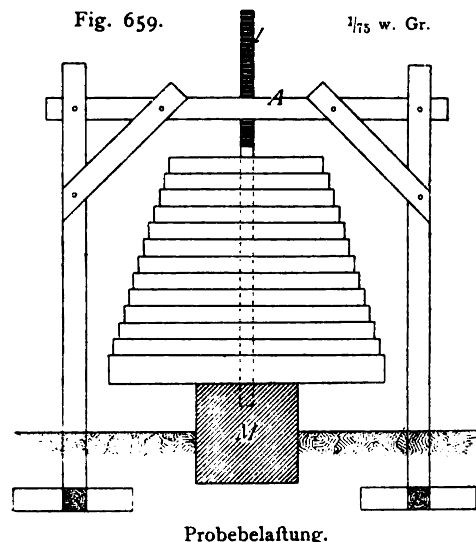
Zu diesem Ende mufs über Tag ein besonderes Bohrgerüst errichtet werden, welches das Hervorholen und Hinablassen des Gestänges, sowie das Ausführen der Schläge gestattet; letzteres kann durch Menschenhand oder durch Maschinen geschehen.

Bei der sog. dänischen Bohrmethode wird mit hohlem Gestänge unter Wasserzuflufs von oben gebohrt, und zwar mit kleinen Meifselbohrern von 5 bis 7 cm Durchmesser.

δ) Seilbohren. Das Bohren mit steifem Gestänge hat den grofsen Nachteil, dafs bei jedesmaligem Hervorholen und Hinablassen des Bohrers das Gestänge in seine einzelnen Teile zerlegt, bezw. aus denselben zusammengesetzt werden mufs; hierdurch ist ein grofser Zeitverlust bedingt. Infolgedessen hat man mehrfach statt des steifen Gestänges ein Seil angewendet, welches auf einer wagrechten Welle auf- und abgewunden wird; doch ist auch die Seil- oder jenensische Bohrmethode mit wesentlichen Uebelständen behaftet, so dafs sie keine allgemeine Verbreitung gefunden hat.

5) Probebelastungen dienen zur Ermittelung der Tragfähigkeit einer Bodenschicht. Nach Ausschachtung der Baugrube belastet man die Sohle in geeigneter Weise so lange, bis der Baugrund nachzugeben anfängt. Alsdann läfst man die Belastung so lange darauf ruhen, bis kein weiteres Einsinken stattfindet. Aus dem Mafs des beobachteten Einsinkens, aus der Gröfse der Belastung und der Gröfse der Druckfläche läfst sich die Beanspruchung für die Flächeneinheit berechnen. 353. Probebelastungen.

Fig. 659.



Probebelastung.

Die Belastung wird meist in der Weise durchgeführt, dafs man Bohlen oder gröfsere, regelmäfsig bearbeitete Steine auf die Sohle der Baugrube legt und darauf schwere Gegenstände, wie Baumaterial, Eisenschienen, Bleibarren etc., aufbringt. *Lehmann* empfiehlt[163]), um sichere Ergebnisse zu erzielen, nachstehendes Verfahren. Man schachte auf der den Baugrund voraussichtlich bildenden Bodenschicht eine quadratische Grube von etwa 1 m Seitenlänge und 40 bis 50 cm Tiefe aus, ebne die Grube sorgfältig ein und stelle darin einen Mauerklotz *M* (Fig. 659) von Klinkern oder lagerhaften, möglichst grofsen Bruchsteinen in Zementmörtel her mit thunlichst ebenen Flächen und so hoch, dafs derselbe etwa 40 bis 50 cm aus der mit fest zu stampfendem Boden wieder gefüllten Grube hervorragt. In der obersten Schicht mauere man eine im oberen Teile mit einer Skala versehene Latte *l* ein und errichte über dem Mauerkörper ein Gerüst nach Fig. 659, an dessen wagrechtem Querstück *A* man das Mafs des Einsinkens beobachten kann. Ueber den Mauerkörper strecke man Bahnschienen oder starke Bauhölzer, auf welche die Belastung vorsichtig aufgebracht wird. Durch das Hinabgehen der Lattenskala wird das Einsinken in den Boden deutlich ersichtlich.

Eine Probebelastung kann auch zu dem Zwecke vorgenommen werden, um zu ermitteln, ob ein bestimmter Baugrund eine gewisse Last mit Sicherheit zu tragen im stande ist. Man bringt das Anderthalbfache bis Zweifache der künftigen Last auf, läfst die Probelast möglichst lange ruhen, etwa einen Winter, und beobachtet während dieser Zeit genau die eintretenden Senkungen. Aus dem Mafs der letzteren, aus ihrer allmählichen Abnahme etc. gewinnt man Anhaltspunkte zur Beurteilung der Tragfähigkeit des fraglichen Baugrundes.

Indes sind solche Untersuchungen niemals ganz zuverlässig, am allerwenigsten

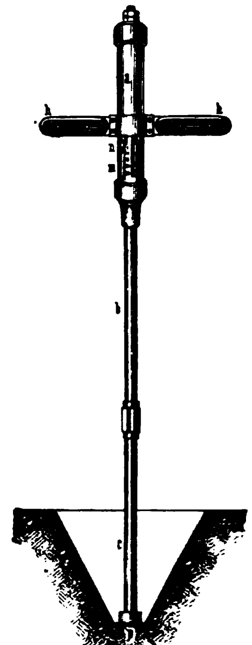
163) In: Deutsche Bauz. 1881, S. 403.

bei elaftifchem Boden. Nimmt man noch hinzu, dafs ein derartiges Verfahren auch zeitraubend und koftfpielig ift, fo ift Grund genug vorhanden, diefe Unterfuchungsweife nur wenig in Anwendung zu bringen [164]).

6) *Mayer's* Fundamentprüfer geftattet die Unterfuchung von aus plaftifchen oder fandigen Stoffen beftehendem Baugrund nach einem Verfahren, welches mit dem eben befchriebenen in gewiffem Sinne verwandt ift.

Die gedachten Bodenarten haben die durch zahlreiche Verfuche feftgeftellte Eigenfchaft, fich bei einer allmählich und gleichmäfsig gefteigerten Belaftung innerhalb gewiffer Grenzen ähnlich zu verhalten, wie fefte elaftifche Stoffe. Ein gleichmäfsig gefteigerter Druck auf einen Prefsftempel führt zunächft der Belaftung proportionale Einfenkungen der letzteren herbei. Ueberfteigt jedoch diefe Belaftung eine gewiffe, jeder Bodenart eigentümliche Grenze, fo finkt der überlaftete Stempel ununterbrochen fo rafch in den Boden ein, dafs fich die Einfenkungen einer weiteren Beobachtung entziehen. Naturgemäfs ift dies ein Zeichen, dafs die Tragfähigkeit des betreffenden Baugrundes erfchöpft ift.

Fig. 660.



Mayer's Fundamentprüfer.

Wenn die urfprüngliche Konftruktion diefer Vorrichtung, die fich als nicht zweckmäfsig erwiefen hat, hier übergangen und nur die neuere Anordnung derfelben in Betracht gezogen wird, fo befteht fie nach Fig. 660 aus 3 zufammenfetzbaren Hauptteilen: aus dem Prefsftempel *p*, aus einem Federdynamometer *a* von 25 kg Tragkraft und aus einer Stange *bc*, welche die beiden Teile *p* und *a* miteinander verbindet. Mit Hilfe des Federdynamometers wird gegen den zu unterfuchenden Baugrund der Druck ausgeübt, und das Ablefen des letzteren (in Kilogr.) findet an der Skala *m* mittels des verfchiebbaren, blofs durch Reibung feftgehaltenen Indexfchlittens *n*, der in jeder Lage ftehen bleibt, ftatt.

Zu jeder Vorrichtung gehören 8 auswechfelbare Stempel von 1, 2, 3, 4, 5, 10 und 15 qcm Fläche, fo dafs derfelbe relative Druck mit verfchieden grofsen Stempeln erzeugt werden kann; man ift hierdurch in der Lage, die Ergebniffe der angeftellten Verfuche miteinander zu vergleichen.

Die Handhabung diefer Vorrichtung erfolgt in der Weife, dafs der am Fufse derfelben angebrachte Prefsftempel *p* mittels der beiden Handhaben *h, h*, durch Vermittelung des Federdynamometers *a* und der Stange *bc*, lotrecht gegen den zu unterfuchenden Baugrund gedrückt wird, bis ein merkbarer, die ganze Fläche des Prefsftempels umfaffender Eindruck erfolgt. Alsdann wird der Stempel bis zur erften, dann bis zur zweiten, weiter bis zur dritten u. f. w. bis zur fünften Marke eingedrückt und werden die zugehörigen Belaftungen an der Skala abgelefen.

In gleicher Weife wird mit anderen Prefsftempeln verfahren, und aus dem Vergleiche der Gröfse des ausgeübten Druckes mit der bekannten Querfchnittsfläche des Prefsftempels ergiebt fich alsdann unmittelbar die zuläffige Belaftung des Baugrundes für die Flächeneinheit. Um die Sicherheit des Prüfungsverfahrens zu er-

164) Ueber eine intereffante Probebelaftung, welche in Amerika für ein Bibliothekgebäude vorgenommen wurde, fiehe. *American architect*, Bd. 23, S. 59, 71.

höhen, wird man eine gröfsere Reihe von Verfuchen anftellen, und aus den Beobachtungsergebniffen, aus denen man auffallend abweichende auszufcheiden hat, den Mittelwert nehmen.

Aus den zufammengehörigen fünf Ablefungen wird fich in der Regel ergeben, dafs meift fchon von der erften Marke an (bei einer Einfenkung von 1 mm Tiefe) die Abweichungen zwifchen den einzelnen Ablefungen immer kleiner werden; unter Umftänden können fie ganz verfchwinden, ein Zeichen, dafs bei diefem Druck die Tragfähigkeit des unterfuchten Baugrundes erfchöpft ift.

Die Verfuche find, wenn die Ergebniffe Anfpruch auf Zuverläffigkeit machen follen, nur an frifch ausgegrabenen Baugruben, deren Sohle an den Meffungsftellen möglichft abzuebnen ift, vorzunehmen. Die Stempel find dabei thunlichft lotrecht zu ftellen.

Da die Prefsftempel eine verhältnismäfsig kleine Aufftandfläche befitzen, ift unter Umftänden das feitliche Ausweichen des Baugrundes und dadurch die Beeinträchtigung der Meffungsergebniffe zu befürchten. Es ift auch nicht ganz leicht, von Menfchenhand aus den Druck ftets genau gleichmäfsig und ftetig zunehmend, ferner denfelben völlig lotrecht auszuüben. Aus diefen Gründen hat der Gebrauch des Fundamentprüfers in feiner gegenwärtigen Geftalt in durchaus vorfichtiger Weife von fachkundiger Hand zu gefchehen[165]).

c) Verbefferung fchlechten Baugrundes.

Ein fchlechter Baugrund, der infolge zu grofser Prefsbarkeit oder infolge ftarken feitlichen Ausweichens nicht geeignet ift, dem Druck eines darauf zu errichtenden Gebäudes zu widerftehen, kann unter Umftänden und innerhalb gewiffer Grenzen verbeffert[166]), d. h. weniger nachgiebig gemacht werden.

Will man die zu grofse Prefsbarkeit einer Bodenart herabmindern, fo wird in der Regel die künftliche Dichtung derfelben vorgenommen; nur felten kommen andere Mittel zur Anwendung. Die wichtigften hierher gehörigen Verfahren find die folgenden.

1) Man bringt eine gröfsere tote Laft auf die Baugrubenfohle. Die letztere wird zunächft mit einer Bohlenlage bedeckt, und auf diefe werden grofse Steine, alte Eifenbahnfchienen oder andere fchwere Gegenftände in thunlichft gleichmäfsiger Weife ausgebreitet. Wenn auch auf diefe Weife ein geringes Zufammenpreffen des Baugrundes erzielt werden kann, fo ift der Erfolg im allgemeinen doch ein wenig nennenswerter. (Vergl. auch das in Art. 353 über Probebelaftungen Gefagte.) 354. Tote Laft.

2) Etwas beffer wirkt bei gewiffen Bodenarten das Abrammen der Sohle der Baugrube. Dazu dient die gewöhnliche Handramme, die je nach dem Gewichte von 2 bis 4 Mann gehandhabt wird. Wirkfamer, wenn auch teurer, würde das Abwalzen der Baugrubenfohle fein, welches mit Hilfe von fchweren Steinwalzen oder von mit Sand, unter Umftänden mit Waffer gefüllten Eifenwalzen (ähnlich wie im Strafsenbau) 355. Rammen.

---

165) Ueber den fraglichen Fundamentprüfer fiehe auch: Deutfches Baugwksbl. 1896, S. 487. — Wiener Bauind.-Ztg., Jahrg. 14, S. 41. — Deutfche Bauz. 1897, S. 291. — Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 427, 439, 452. — Oeft. Monatsfchr. f. d. öff. Baudienft 1897, S. 126. — Baugwks.-Ztg. 1897, S. 583. — Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1900, S. 673.

166) Unter »Verbefferung fchlechten Baugrundes« follen im vorliegenden nicht etwa diefelben Einrichtungen und Verrichtungen verftanden werden, die man in einigen Teilen Deutfchlands und in manchen Büchern und Zeitfchriften unter dem Namen »künftliche Befeftigung des Baugrundes« zufammenfafst. Unter der letzteren, wenig zweckmäfsigen Bezeichnung werden nicht nur die Mittel verftanden, die dazu dienen, ftark nachgiebigen Baugrund weniger nachgiebig zu machen, fondern auch Fundamentkonftruktionen, wie Schwellrofte, Pfahlrofte etc. Letztere follten indes niemals als Mittel zur Befeftigung des Baugrundes angefehen werden; vielmehr find dies entweder die Fundamente felbft oder doch der wefentlichfte Teil derfelben. — Vergl. die Begriffsbeftimmung des »Fundaments« in Art. 335 (S. 283).

vorgenommen werden könnte. Allein auch der Erfolg des Rammens, bezw. Walzens ift ein verhältnismäfsig geringer, da die Dichtung des Bodens nur auf eine fehr geringe Tiefe hervorgebracht wird; in der Tiefe des Grundwafferfpiegels ift die Wirkung ganz abgefchwächt. Durchweichter Lehm- und Thonboden, lockerer Sandboden etc. können auf diefe Weife niemals gedichtet werden.

356. Begiefsen mit Waffer.

3) Lofe aufgefchüttete Schichten von groberem Sand oder feinerem Kies können dadurch widerftandsfähiger gemacht werden, dafs man denfelben in vorfichtiger und ausgiebiger Weife Waffer zuführt. Hierdurch werden die einzelnen Körner näher aneinander gefchoben und die Zwifchenräume kleiner.

357. Einrammen von Schutt etc.

4) Bei den meiften weichen Bodenarten, felbft bei durchweichtem Lehm- und Thonboden und bei Triebfand, läfst fich ein nennenswertes Ergebnis erzielen, wenn man in den Baugrund mehrere Lagen von Baufchutt oder Steinfchlag einrammt. Dies gefchieht mit Hilfe fchwerer Handrammen oder beffer mit einfachen Zugrammen, deren Gerüft auf dem Gelände, zu beiden Seiten der Baugrube, aufgeftellt wird und deren Rammklotz ein Gewicht von 100 bis 150 kg hat.

Zunächft wird eine 25 bis 30 cm dicke Schicht von Baufchutt, Steinfchlag, Wacken etc. auf der Sohle der Baugrube ausgebreitet und diefe fo lange gerammt, bis zwifchen den Steinbrocken das lockere Bodenmaterial hervorquillt. Hierauf wird eine zweite, erforderlichenfalls noch eine dritte, ebenfo dicke Schicht aufgebracht und gleichfalls feftgerammt. Man hat für eine auf diefe Weife gebildete Schicht wohl auch die wenig glückliche Bezeichnung »Rammbeton« gewählt.

Bei Gründungen am und im Waffer darf diefes Verfahren niemals angewendet werden, felbft dann nicht, wenn das Fundament von einer Spundwand umfchloffen wird.

358. Einrammen von Steinen.

5) Das eben befchriebene Verfahren führt zu einem noch günftigeren Ergebnis (namentlich bei durchweichtem Lehm- und Thonboden), wenn man ftatt kleinerer Steinbrocken gröfsere (mindeftens fauftgrofse) Steine in den Boden einrammt. Am beften ift es, die Steine hochkantig auf die Sohle der Baugrube zu ftellen und diefes Rollfchichtpflafter mit Hilfe einer Zugramme feftzuftampfen.

359. Anderweitiges Rammverfahren.

6) In Paris wird neuerdings ein Rammverfahren in Anwendung gebracht, welches mit der Herftellung einer »Rammbeton«-Schicht und den unter 4 und 5 befchriebenen Verfahren nahe verwandt ift.

Dasfelbe kam u. a. auch beim Bau des Verwaltungsgebäudes für die Weltausftellung dafelbft 1900 zur Anwendung. Man liefs einen 1000 kg fchweren Rammklotz von 70 cm Durchmeffer aus einer Höhe von 10 cm unmittelbar auf den zu verbeffernden Boden fo lange herabfallen, bis die Rammtiefe (oder die Zufammendrückung des fehr weichen und ftark prefsbaren Bodens) das Mafs von ca. 3 m erreicht hatte. In die fo entftandene Vertiefung wurde eine Mifchung von Kalkmilch und Eifenfchlacke gebracht, die nun ebenfalls abgerammt wurde. Man fetzte diefes Verfahren fo lange fort, bis die Sohle der Baugrube wieder auf die frühere Tiefe gebracht war. Der fo verbefferte Baugrund hatte eine folche Feftigkeit erreicht, dafs man das Bauwerk, welches einen Druck von 4 kg für 1 qcm ausübte, darauf gründen konnte[167]).

360. Einrammen von Pfählen.

7) Die Dichtung des Baugrundes kann in erheblichem Mafse erzielt werden, wenn man Pfähle von etwa 1 bis 2 m Länge in denfelben einfchlägt. Je näher die einzelnen Pfähle aneinander geftellt werden, defto ausgiebiger wird die Dichtung des Bodenmaterials; man kann diefelbe fo lange fteigern, als nicht durch das Einrammen eines neuen Pfahles andere herausgetrieben werden. Hierbei ift darauf zu achten, dafs die Pfähle ftets unter dem Grundwafferfpiegel bleiben.

Diefes Verfahren ift zwar in feinem Erfolge günftig, verurfacht jedoch grofse Koften.

---

167) Siehe auch: Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1898, S. 85. — HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1898, S. 31.

8) Die Koften des eben befchriebenen Verfahrens laffen fich etwas herabmindern, wenn man den Pfahl, nachdem man ihn eingerammt hat, wieder herauszieht und den zurückgebliebenen Hohlraum mit reinem Sande ausfüllt. Obwohl durch derlei Füll- oder Sandpfähle gleichfalls eine nicht unbedeutende Dichtung des Baugrundes erlangt werden kann, fo find doch die Koften dem unter 6 angeführten Verfahren gegenüber nicht wefentlich geringer, weil das Ausziehen der eingerammten Pfähle einen grofsen Kraftaufwand erfordert. 361. Sandpfähle.

Füll- oder Sandpfähle laffen fich auch als mit Sand gefüllte Bohrlöcher auffaffen; fie unterfcheiden fich jedoch von den gewöhnlichen Bohrlöchern dadurch, dafs der Inhalt eines Loches nicht herausgefördert, fondern feitlich verdrängt und an feine Stelle reiner Sand eingebracht wird. Man hat wohl auch ftatt der Holzpfähle eiferne Röhrenpfähle angewendet, wenn der Boden fo locker ift, dafs beim Herausziehen des Holzpfahles das Loch fich wieder fchliefst. Derlei Pfähle werden aus Blechrohren gebildet, die am unteren Ende einige Schraubengänge tragen. Mit Hilfe der letzteren wird der Pfahl in den lofen Boden eingedreht. Nunmehr führt man in den Hohlraum des Pfahles Waffer ein, das durch eine unten angebrachte Klappe ausfliefst. Beim Zurückdrehen des Pfahles füllt das Waffer das Bohrloch aus und verhütet den Rücktritt des verdrängten Bodens.

Ueber eine hier einfchlägige Ausführung aus der letzten Zeit fiehe in der unten genannten Quelle[168]).

Wafferhaltiger Sand und lockerer Kies oder Sand und Kies unter Waffer können durch Einführen eines ftaubförmigen Bindemittels verfteinert, d. i. in eine fefte und vollkommen tragfähige Bodenfchicht verwandelt werden. 362. Verfteinerung.

Nach *Neukirch*'s patentiertem Verfahren[169]) wird Zement in Staubform durch einen ftarken Luftftrom in den Sand hineingeblafen. Zum Einführen des Luftftromes in den Sandboden dient ein eifernes Rohr, welches fo lang ift, dafs damit die Sohle des beabfichtigten Fundaments erreicht wird. Durch das Einblafen des Zements entfteht eine kochende Bewegung des Waffers und Sandes, wodurch eine innige Vermifchung zwifchen Zement und Sand ftattfindet; das vollftändige Erhärten des erfteren unter Waffer dauert, wie beim Beton, mehrere Wochen[170]).

Bei der Gründung einer fteinernen Brücke bei Ehingen auf lockerem Kiesgrund wurde dünnflüffiger Zement durch 4 cm weite *Mannesmann*-Rohre eingepumpt. Durch allmähliches Hochziehen der Rohre wurde der Zement in verfchiedenen Höhen eingeführt, fo dafs fich ein grofser Betonklotz bildete[171]).

Nach *Lauter*'s Mitteilungen[172]) ift der Erfolg der Zementeinfpritzung nicht immer ein guter. Bei einem befonders bezeichneten Verfuche zeigte es fich, dafs das Eindringen des flüffigen Zementmörtels in das umliegende Erdreich nur in ganz geringem Mafse ftattfand und dafs fich fehr fchnell über der Einfpritzöffnung ein kurzer, kegelförmiger Zementkörper mit ftumpfer Spitze bildete, der das weitere Eindringen der Einfpritzungen verhinderte. *Lauter* ift der Anficht, dafs bei feftgelagertem und insbefondere bei feinem fandigen Boden ein guter Erfolg nicht erwartet werden darf.

Um Triebfand tragfähig zu machen, ift auch fchon der Gedanke angeregt worden, durch Zuführen geeigneter Flüffigkeiten den Sandboden auf chemifchem Wege in eine fteinartige Maffe zu verwandeln.

Man könnte in den Triebfand durchlöcherte Eifenrohre einfenken und die betreffende Flüffigkeit einpreffen; man könnte in folcher Weife unbrauchbaren Baugrund mittels Einfpritzens einer erhärtenden Flüffigkeit in Stein verwandeln[173]).

9) Naffe Lehm- und Thonfchichten laffen fich am beften durch eine vollftändige und dauernde Entwäfferung tragfähig machen. Meiftens wird eine folche Entwäfferung mittels der fog. Drainage vorgenommen. 363. Entwäfferung.

---

168) HOFFMANN, F. Dichtung und Tragbarmachung lockeren, aufgefchütteten Baugrundes. Centralbl. d. Bauverw. 1899, S. 485.

169) D. R.-P. Nr. 46842.

170) Näheres: Gefundh.-Ing. 1890, S. 609.

171) Siehe auch: BRAUN. Befeftigung von fandigem und kiefigem Untergrund durch Einführen von flüffigem Cement. Zeitfchr. f. Arch. u. Ing., Wochausg., 1898, S. 445.

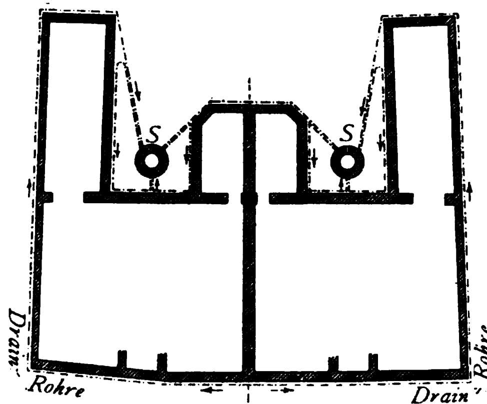
172) Zur Frage des Einfpritzens von Cement in wafferhaltigem Boden. Centralbl. d. Bauverw. 1898, S. 599.

173) Siehe hierüber: Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 344.

364. Drainierung. Letztere gefchieht mit Hilfe von Sickergräben oder mittels der bekannten, zur Wiefendrainage verwendeten Drainrohre oder durch beide Mittel zugleich.

Die Sickergräben (auch Drains genannt) find oben gefchloffene Gräben, welche das Waffer aus dem Boden aufzufaugen und abzuführen haben. Man füllt diefe Gräben entweder mit rundlichen Steinen (von 5 bis 6 cm Durchmeffer) aus, wodurch die fog. Steinfilter entftehen; oder man verwendet die bekannten Drainrohre (Thonrohre von etwa 25 cm Länge, die ohne weitere Verbindung ftumpf aneinander gelegt werden), wie fie zur Wiefenentwäfferung benutzt werden. Die Steinfilter erhalten ein Sohlengefälle von mindeftens 1 : 150; beffer ift es bis 1 : 100 zu gehen; die Sohlenbreite, welche von der Menge des abzuführenden Waffers abhängt, beträgt 25 bis 30 cm. Die Drainrohre müffen ein um fo ftärkeres Gefälle

Fig. 661.

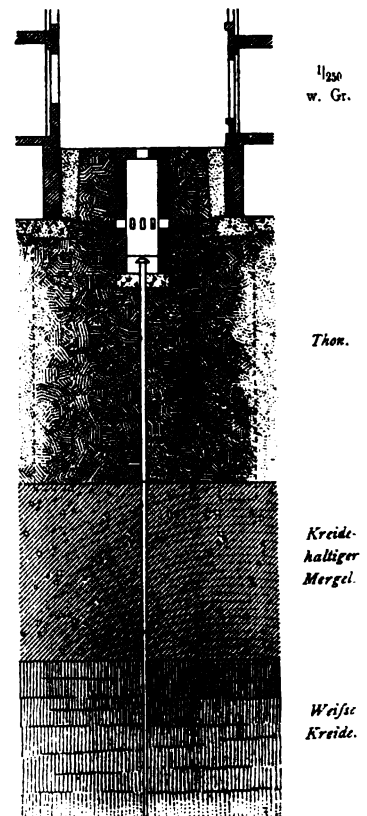


Grundplan. — 1/500 w. Gr.

Entwäfferung des Baugrundes beim Bau zweier Häufer zu Paffy[174]).

Arch.: *Lethorel.*

Fig. 662.



Schnitt durch einen Entwäfferungsfchacht.

erhalten, je enger fie find; dasfelbe ift mit 1 : 200 bis 1 : 50 zu wählen. Die Weite der Drainrohre, die fich gleichfalls nach der abzuführenden Waffermenge richtet, beträgt 2,5 bis 10 cm; doch genügt meift eine Weite von 5 cm.

Drainrohre find dort befonders zweckmäfsig, wo der Boden durchläffig ift; bei weniger durchläffigem Boden faugt ein Steinfilter mehr Waffer auf. Wenn die wafferführende Schicht eine gröfsere Mächtigkeit hat, fo kann man auch Steinfilter und Drainrohre gleichzeitig in Anwendung bringen; das Steinfilter führt alsdann den Drainrohren das Waffer zu.

Ift der Boden nur wenig nafs, fo genügen einzelne Sickergräben, die in angemeffener Entfernung voneinander angeordnet und hauptfächlich längs der Aufsen- (Fundament-) Mauern des betreffenden Gebäudes angelegt werden. Ift ein gröfseres Grundftück, deffen Boden ftark durchnäfst ift, zu entwäffern, fo ordnet man einen Hauptdrain an, von dem Seitendrains ausgehen; von den letzteren können unter Umftänden wiederum Saugdrains abzweigen. Der Hauptdrain folgt entweder der Richtung der ftärkften Durchnäffung oder der Richtung des ftärkften Gefälles.

Das durch die Drainrohre gefammelte und nach einem paffend gewählten, tiefgelegenen Punkte geleitete Waffer wird, wenn ein geeigneter natürlicher Sammler vorhanden ift, nach diefem geführt; fonft mufs man Brunnen anlegen, welche das gefammelte Waffer aufnehmen[175]).

174) Nach: *La femaine des conft.*, Jahrg. 9, S. 90, 91.

175) Vergl. auch: Die in Amerika gebräuchliche Praxis der Drainirung von Wohnhäufern. Wiener Bauind. Ztg. 1885, S. 456. — Die Hausfundirung in gefundheitlicher Beziehung. Deutfches Baugwksbl. 1892, S. 498, 512.

Zur Erläuterung des Gefagten fei [174]) hier die von *Lethorel* bei der Gründung von zwei Häufern in Paffy angewendete, durch Fig. 661 u. 662 veranfchaulichte Entwäfferungsanlage vorgeführt. 365. Beifpiel.

Der tragfähige Baugrund befteht in diefem Falle aus einer undurchläffigen Thonfchicht; fobald diefelbe vom Waffer erreicht wird, wird fie vollftändig nachgiebig. Deshalb mufsten das einfickernde Meteorwaffer und das Waffer der Umgebung von der Thonfchicht ferngehalten werden.

Zu diefem Ende ift für jedes der beiden auf Senkbrunnen gegründeten Häufer je ein Entwäfferungsfchacht S angelegt worden, der in feinem oberen Teile wafferdicht gemauert ift; von der gleichfalls wafferdichten Sohle diefes gemauerten Vorfchachtes find eiferne Rohre von 20, 16 und 12 cm abgefenkt, und zwar bis in die Kreidefchicht; die unterften Rohrftücke find durchlöchert, und das Waffer verfickert im Boden. Das oberfte Rohrftück ragt über der Vorfchachtfohle hervor, fo dafs rings um dasfelbe eine Art Schlammfang entfteht. Sämtliche Aufsenmauern der beiden Häufer find, foweit fie vom Erdreich begrenzt find, durch einen wafferdichten Mörtelputz gefchützt. An letzteren anfchliefsend wurde ringsum ein 40 cm weiter Entwäfferungsgraben angelegt, deffen Sohle von einer Hammerfchlag-Betonfchicht gebildet wird; auf letztere kommen die das ganze Gebäude umziehenden Drainrohre zu liegen; fchliefslich ift der Graben mit trockenem Hammerfchlag zugefüllt. Die Drainrohre find im Gefälle von 1 : 50 verlegt und nach den beiden Entwäfferungsbrunnen geführt.

Das von der Strafsen- und Hofoberfläche einfickernde, ebenfo das von den Hausgärten zuftrömende Waffer wird durch die befchriebene Anlage abgefangen, bevor es an die Kellermauern gelangt. Um auch das Eindringen des Waffers durch die Kellerfohle zu verhüten, ift auf derfelben zunächft ein 25 cm dickes Sandbett ausgebreitet und über diefem eine 40 cm dicke Betonfchicht ausgeführt.

Die Drainierung des Baugrundes ift auch in gröfseren Städten das vorteilhaftefte Mittel, wenn man einen zu hohen Grundwafferfpiegel fenken, bezw. einen wechfelnden Grundwafferftand fixieren will. Am vollkommenften erreicht man den beabfichtigten Zweck, wenn man diefe Drainierung an die Kanalifation der betreffenden Stadt anfchliefst, bezw. mit Hilfe derfelben vornimmt. 366. Städtifche Kanalifation.

In den meiften Fällen genügt die Anlage eines fachgemäfsen unterirdifchen Kanalnetzes mit entfprechenden Hausanfchlüffen allein, um das Fundamentmauerwerk der Häufer und die Kellerräume derfelben trocken zu erhalten und dem die Verwefung organifcher Stoffe begünftigenden Schwanken des gefenkten Grundwafferftandes ein Ende zu machen. Wenn man die Baugruben, in denen die Kanäle ausgeführt werden, in einer gewiffen Höhe mit Kies oder grobem Sande verfüllt, fo entfteht längs der Kanalwände ein zufammenhängendes Netz von durchläffigen Sickeranlagen, welche Waffer aufnehmen, dasfelbe, indem fie dem Gefälle der Kanäle folgen, abführen und es fchliefslich an die Kanäle felbft oder an andere Sammler abgeben. Näheres über diefen Gegenftand ift in Teil III, Band 5 diefes »Handbuches« (Abt. IV, Abfchn. 5, B, Kap. 7, unter a) zu finden.

Ift eine Quelle vorhanden, welche die Durchnäffung des Bodens bewirkt, fo ift es am beften, diefelbe oberhalb des zu errichtenden Gebäudes zu faffen und fo abzuleiten, dafs ihr Abflufs keine Störung erleidet. Ift dies nicht möglich, fo mufs die Quelle auf der Bauftelle felbft in einer fog. Quellenftube gefafst werden, aus der das Waffer mittels eines Kanals abgeleitet wird. 367. Quellen.

10) Bei Torf- und Moorboden läfst fich bisweilen durch Befeitigung des lockeren Bodenmaterials und Erfatz durch befferes Material, wie Kies, Sand etc., ein tragfähiger Baugrund fchaffen. Indes ift diefes Mittel weniger unter die »Verbefferung fchlechten Baugrundes« einzureihen, bildet vielmehr den Uebergang zu den Fundamentkonftruktionen. 368. Erfatz durch befferen Boden.

Wenn ein Baugrund unter dem auf ihn ausgeübten Druck ftark feitlich ausweicht, fo läfst fich dies durch Umfchliefsung mit Spund- und Pfahlwänden oder durch Belaftung des Bodens um das Fundament herum verhüten. Bei breiigem Boden kann man indes durch Anwendung folcher Mittel keineswegs auf einen ficheren Erfolg zählen. 369. Mittel gegen Ausweichen.

2. Kapitel.

Konftruktionsbedingungen.

Ein richtig konftruiertes Fundament hat folgende Bedingungen zu erfüllen:

370. Bedingungen. 1) Lage, Form und Gröfse der Fundamentbafis müffen den herrfchenden Druckverhältniffen entfprechen.

2) Das Fundament mufs gegen Einfinken, d. i. gegen Bewegung im lotrechten Sinne gefichert fein.

3) Das Fundament mufs gegen feitliches Verfchieben oder Abgleiten, d. i. gegen Bewegung im wagrechten Sinne gefichert fein.

4) Das Fundament mufs fo angeordnet und ausgeführt fein, dafs fein Beftand durch äufsere Einflüffe nicht gefährdet werden kann; insbefondere darf das Fundament nicht vom Waffer in fchädlicher Weife beeinflufst werden.

Zu diefen allgemeinen Bedingungen, denen jedes Fundament zu entfprechen hat, kommen in einzelnen Fällen noch befondere, aus dem Zwecke des betreffenden Bauwerkes entfpringende Anforderungen hinzu.

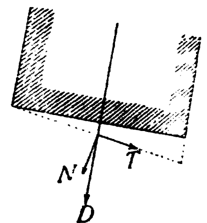
So z. B. wird in Gebäuden, worin feine phyfikalifche, aftronomifche etc. Beobachtungen vorgenommen werden follen, die Herftellung vollftändig ftandfefter und erfchütterungsfreier Arbeitsplätze ein wefentliches Erfordernis fein; liegen folche Gebäude in verkehrsreichen Stadtteilen, fo handelt es fich hierbei um die Erreichung eines ganz befonderen Widerftandes gegen die durch den Strafsenverkehr hervorgerufenen Erfchütterungen[176]).

a) Lage, Form und Gröfse der Fundamentbafis.

371. Lage. Für die Aufftandfläche eines Fundaments oder die Fundamentbafis find die folgenden Konftruktionsregeln mafsgebend.

1) Die Fundamentbafis foll winkelrecht auf der Richtung des dafelbft herrfchenden Druckes liegen, um das Verfchieben längs des Untergrundes zu verhüten. Sobald die Bafis eine andere Lage hat, fo zerlegt fich die Mittelkraft D (Fig. 663) aus fämtlichen auf die Aufftandfläche wirkenden Kräften in eine dazu winkelrechte Seitenkraft N (Normaldruck), welche der Baugrund aufzunehmen hat, und in eine Seitenkraft T in der Richtung der Bafis, welche das Verfchieben des Fundaments herbeiführt.

Fig. 663.



Man kann allerdings innerhalb gewiffer Grenzen von diefer theoretifchen Lage abweichen, um anderweitigen Verhältniffen und Anforderungen Genüge zu leiften. Theoretifch darf diefe Abweichung bis zum Reibungswinkel gehen, der im Mittel mit etwa 25 Grad angenommen werden kann; allein in der Praxis

176) Bei der Gründung des phyfikalifchen, des phyfiologifchen, des pharmakologifchen und des zweiten chemifchen Inftituts an der Dorotheenftrafse in Berlin wurden, auf Grund forgfältiger Unterfuchungen, folgende Konftruktionsbedingungen aufgeftellt: α) die Fundamente recht tief und maffig herzuftellen und dadurch den Schwerpunkt der Mauern möglichft weit nach unten zu verlegen; β) fo weit als thunlich die Gründung unmittelbar zufammenhängend zu bewirken; γ) da, wo Senkgründung erforderlich, die Röhren näher als fonft üblich zu ftellen und die Pfeilerquerfchnitte über das gewöhnliche Mafs zu vergröfsern; δ) bei Pfahlroftgründungen die Pfähle ohne befondere Rückficht auf die einzelnen Mauern gleichmäfsig und dichter als fonft über die ganze zu bebauende Fläche zu verteilen und in gehöriger Tiefe mit einer durchgehenden Verholmung und ftarkem Bohlenbelag zu verfehen; ε) die ganze Gebäudegruppe mit einem 1 m breiten Ifoliergraben von der Tiefe der benachbarten Umfaffungsmauern zu umziehen; ζ) die Tifche für die Präzifionsarbeiten befonders zu gründen und von dem zur Konftruktion der Gebäude gehörigen Mauerwerk etc. zu ifolieren. (Näheres hierüber: KLEINWÄCHTER. Die Fundirung der Univerfitäts-Inftitute in Berlin. Centralbl. d. Bauverw. 1881, S. 359.)

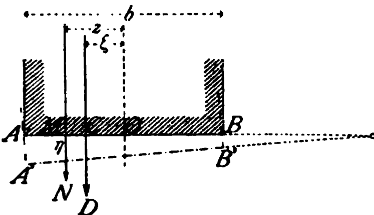
wird man diefe Grenze nicht erreichen dürfen, weil durch Erfchütterungen, durch Waffer und durch andere Einflüffe die Reibung wefentlich herabgemindert werden kann. Ein Winkel von 15, höchftens von 18 Grad ift als äufserfte praktifche Grenze anzunehmen, wenn man dem Abgleiten nicht durch andere, fpäter noch zu befprechende Mittel entgegenwirkt.

Da die Fundamente der meiften Hochbauten im wefentlichen nur lotrechte Kräfte auf den Baugrund zu übertragen haben, fo ift ihre Aufftandfläche meift wagrecht angeordnet. Wenn es fich jedoch um die Gründung von Konftruktionsteilen handelt, welche auch wagrechten Kräften (Schüben) zu widerftehen haben, wie z. B. bei Widerlagern gröfserer Gewölbe, bei Stützmauern, bei Wänden und Freiftützen, welche gröfsere Dächer zu tragen haben etc., fo ift die Aufftandfläche winkelrecht zur Richtung der Mittelkraft aus fämtlichen wirkfamen Kräften zu legen.

2) Die Fundamentbafis foll fo geftaltet fein, dafs der dafelbft herrfchende Druck durch ihren Schwerpunkt geht. Denn nur in diefem Falle wird fich der Druck gleichmäfsig über die ganze Aufftandfläche verteilen; gleichartiger, prefsbarer Baugrund wird alsdann durchweg um gleich viel zufammengeprefst, und das Setzen des Bauwerkes ift ein gleichförmiges. 372. Form.

Es fei (Fig. 664) $AB = b$ die Breite einer Fundamentbafis, welche den Druck D aufzunehmen hat, der im Abftande $OC = \xi$ vom Schwerpunkte O die Bafis trifft. Einen gleichartigen prefsbaren Baugrund vorausgefetzt, wird das Zufammenpreffen des letzteren und das Einfinken des Fundaments derart eintreten, dafs die Aufftandfläche AB desfelben in die Lage $A'B'$ übergeht. In einem beliebigen Punkte M, der um $OM = z$ vom Schwerpunkte O abfteht, ift der auf den Baugrund ausgeübte Druck[177])

Fig. 664.



$$N = \frac{D}{F}\left(1 + \frac{F \xi z}{J}\right),$$

fobald F den Flächeninhalt und J das Trägheitsmoment der Fundamentbafis bezeichnen.

Setzt man eine rechteckige Form der letzteren voraus, fo wird der Schwerpunkt O in die Mitte zwifchen A und B fallen; nimmt man ferner die Abmeffung winkelrecht zur Bildfläche gleich der Einheit an, fo werden $F = b$ und $J = \frac{b^3}{12}$, fonach[178])

$$N = \frac{D}{b}\left(1 + \frac{12 \xi z}{b^2}\right) = \frac{D(b^2 + 12 \xi z)}{b^3} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 279.$$

Der gröfste Druck N_{max} findet im Punkte A, bezw. A' ftatt, für welchen z feinen Höchftwert $\left(= \frac{b}{2}\right)$ hat; es wird

$$N_{max} = \frac{D}{b}\left(1 + \frac{6 \xi}{b}\right) = \frac{D(b + 6 \xi)}{b^2} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 280.$$

Der kleinfte Druck N_{min} ergiebt fich für den Punkt B, bezw. B', für den z feinen kleinften Wert $\left(= -\frac{b}{2}\right)$ hat; es wird[179])

$$N_{min} = \frac{D}{b}\left(1 - \frac{6 \xi}{b}\right) = \frac{D(b - 6 \xi)}{b^2} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 281.$$

Die Druckverteilung in der Fundamentbafis läfst fich durch die fog. Druckfigur graphifch darftellen, über deren Konftruktion in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte (Art. 320 u. 321, S. 274 u. 275[180]) diefes »Handbuches« das Erforderliche zu finden ift.

Die Gröfse, um welche fich in einem beliebigen Punkte M der Baugrund zufammenprefst oder, was das gleiche ift, um welche das Fundament einfinkt, fei η; diefelbe wird dem dafelbft herrfchenden Drucke N nahezu proportional fein, alfo

$$\eta = \mu N.$$

---

177) Nach Gleichung 50, S. 273 (2. Aufl.: Gleichung 69, S. 86; 3. Aufl.: Gleichung 102, S. 112) in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte diefes »Handbuches«.

178) Siehe Gleichung 364 (S. 448) ebendaf.

179) Siehe auch die Gleichungen auf S. 448 (2. Aufl.: S. 88; 3. Aufl.: S. 114) ebendaf.

180) 2. Aufl.: Art. 111 u. 113, S 86 u. 89; 3. Aufl.: Art. 126 u. 129, S. 112 u. 129.

Da im Punkte A der Druck am gröfsten, im Punkte B am kleinften ift, wird auch η von A nach B hin ftetig abnehmen. Sonach tritt das Schiefftellen oder das Drehen der Fundamentbafis ein.

Nunmehr find folgende 3 Fälle zu betrachten:

α) Die Richtung des vom Bauwerk ausgeübten Druckes D gehe durch den Schwerpunkt O der Fundamentbafis. Alsdann ift $\xi = 0$, und der Druck nach Gleichung 233

$$N_o = \frac{D}{b}; \qquad \text{282.}$$

derfelbe ift fonach unabhängig von z, fomit für alle Punkte der Aufftandfläche der gleiche. Infolgedeffen ift auch die Gröfse η unveränderlich, d. h. der Baugrund wird durchweg um gleich viel zufammengeprefst; das Fundament finkt in allen Punkten um gleich viel ein, und es findet kein Drehen, kein Schiefftellen desfelben ftatt.

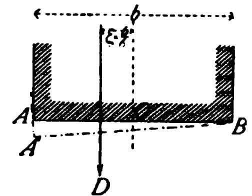


Fig. 665.

β) Es fei (Fig. 665) $\xi = \frac{b}{6}$; alsdann wird nach Gleichung 280

$$N_{min} = 0,$$

d. h. es findet im Punkte B kein Zufammenpreffen, keine Einfenkung, fondern blofs Drehen der Bafis um diefen Punkt ftatt. Die Normalpreffung an einer beliebigen Stelle derfelben beträgt

$$N = \frac{D}{b}\left(1 \pm \frac{2z}{b}\right) = \frac{D(b + 2z)}{b^2}, \qquad \text{283.}$$

und die gröfste Preffung im Punkte A, für welchen $z = \frac{b}{2}$, nach Gleichung 280

$$N_{max} = \frac{2D}{b}.$$

γ) Wird (Fig. 666) $\xi > \frac{b}{6}$, fo wird im Ausdruck 235 für N_{min} die Differenz $b - 6\xi$ negativ, alfo auch der Druck N_{min} negativ. Da nun, je nachdem der beliebige Punkt M der Bafis links oder rechts vom Schwerpunkt O gelegen ift, der Druck (nach Gleichung 279)

$$N = \frac{D(b^2 \pm 12\xi z)}{b^3} \qquad \text{284.}$$

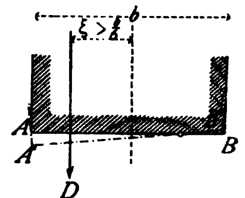


Fig. 666.

ift, wird diefer Druck fich negativ ergeben, fo lange

$$12\xi z > b^2 \quad \text{oder} \quad z > \frac{b^2}{12\xi},$$

d. h. es findet (hier rechts vom Schwerpunkt) gegen B zu das Abheben des Fundaments ftatt, oder, mit anderen Worten, es tritt das Drehen der Fundamentbafis um einen zwifchen O und B gelegenen Punkt ein; der Abftand des Punktes von O ergiebt fich aus der Relation

$$-z = \frac{b^2}{12\xi};$$

denn für diefen Wert von z wird $N = 0$.

Da nun das Abheben des Fundaments vom Baugrund niemals eintreten darf, fo ift es demnach auch nicht ftatthaft, ξ gröfser als $\pm\frac{b}{6}$ werden zu laffen; deshalb darf der Druck D niemals aufserhalb des mittleren Bafisdrittels wirken.

Nur bei nicht prefsbarem (felfigem) Baugrund ift es unfchädlich, wenn die Druckrichtung nicht durch den Schwerpunkt der Aufftandfläche des Fundaments geht; allein auch in diefem Falle dürfen gewiffe Grenzen nicht überfchritten werden, die bei rechteckiger Bafisgeftalt, wie eben gezeigt, durch das mittlere Bafisdrittel, bei beliebiger Form der Fundamentbafis durch die Bedingung gegeben find, dafs an keiner Stelle derfelben Zugfpannungen auftreten follen. Man hat diefen Grenzen um fo ferner zu bleiben, je weniger widerftandsfähig der Baugrund ift.

373. Gröfse. 3) Die Fundamentbafis foll fo grofs fein, dafs die in irgend einem Punkte derfelben vorkommende gröfste Normalpreffung die zuläffige Druckbeanfpruchung des Baugrundes nicht überfchreitet. Ueber das Mafs der letzteren und die fonftigen hierbei mafsgebenden Faktoren wird noch (in Art. 379, unter 3) die Rede fein.

b) Sicherheit gegen Einſinken.

Das Einſinken oder »Setzen« des Fundaments kann entweder in einer lotrecht niedergehenden Bewegung oder in einer Drehung desſelben beſtehen. Die letztere iſt meiſt eine Bewegung nach abwärts; indes kann ausnahmsweiſe auch ein teilweiſes Abheben des Fundaments von der Bauſohle ſtattfinden.

Das Einſinken des Fundaments kann eintreten:

1) infolge des Zuſammenpreſſens des Baugrundes[181]),

2) infolge ſeitlichen Ausweichens des Baugrundes[182]),

3) infolge des Einfluſſes des Waſſers und

4) infolge anderweitiger äuſserer Einflüſſe.

Von den Miſsſtänden, die durch Waſſer und andere äuſsere Einflüſſe hervorgerufen werden, wird noch ſpäter (unter d) die Rede ſein; hier wird hauptſächlich nur jenes Einſinken in Betracht gezogen, welches infolge des Zuſammenpreſſens oder des ſeitlichen Ausweichens des Baugrundes eintritt.

374. Zuſammenpreſſen des Baugrundes.

Ein merkliches Zuſammenpreſſen des Baugrundes wird nur dann ausbleiben, wenn derſelbe aus vollſtändig widerſtandsfähigem Felſen beſteht. Bei jeder preſsbaren Bodenart wird eine Kompreſſion des Baugrundes eintreten, und zwar wird die Gröſse derſelben vom Maſs ſeiner Preſsbarkeit und von der Gröſse des vom Bauwerk ausgeübten Druckes abhängen. Je weicher die Bodenart iſt, worauf gegründet werden ſoll, und je gröſser der vom Bauwerk ausgeübte Druck iſt, deſto mehr wird der Boden zuſammengepreſst und deſto mehr ſinkt das Fundament ein.

Aus dem Geſagten geht hervor, daſs in verhältnismäſsig nur wenigen Fällen das durch Zuſammenpreſſen des Baugrundes hervorgerufene Einſinken des Fundaments vollſtändig vermieden werden kann. In der That iſt dasſelbe meiſt auch unſchädlich, wenn es gewiſſe Grenzen nicht überſchreitet, wenn es gleichmäſsig vor ſich geht und wenn die herrſchende Druckrichtung von der Lotrechten gar nicht oder

[181]) Ueber das Verhalten verſchiedener Bodenarten gegen das Eindringen eines feſten Körpers ſtellte *Hagen* Verſuche an, indem er Blechcylinder mit ebenen Rändern mit verſchiedener Belaſtung auf die Erde ſtellte und ſowohl die Tiefe des Eindringens, als auch die Art und Weiſe desſelben genau beobachtete, bezw. wie die Umgebung der Eindringſtellen ſich dabei verhielt.

Hagen erhielt bei dieſen Verſuchen das bemerkenswerte Ergebnis, daſs bei den Sandſchüttungen, und zwar ſowohl bei den feſteren als den loſeren, und ebenſowohl bei trockenen wie bei feuchten, die Tragfahigkeit nahe dem Quadrate der Einſenkung proportional wird. Bei allen Verſuchen im Thonboden dagegen, ſei er mit mehr oder weniger Waſſer vermengt, ergab ſich die Tragfähigkeit oder die Belaſtung als der erſten Potenz, d. h. als der einfachen Einſenkung proportional. Ferner zeigte ſich der bemerkenswerte Unterſchied, daſs bei den Sandſchüttungen die Belaſtung ſofort bis zur entſprechenden Tiefe einſank und ſich nachher nicht mehr rührte, während bei Thonboden die Laſten nach und nach tiefer ſanken, bis ſie nach etwa 20 bis 30 Minuten ebenfalls keine weitere Bewegung mehr erkennen lieſsen.

Trockener, aber feſt geſtampfter Sand ergab nahezu die doppelte Tragfähigkeit, als loſe aufgeſchütteter.

Ganz bedeutend vermehrt ſich die Tragfähigkeit des Sandes, wenn er in eingeſchloſſenem Raume in dünnen Lagen und in feuchtem Zuſtande eingeſtampft wird, wobei durchflieſsendes Waſſer nur ſehr langſam eindringt und nur tropfenweiſe abflieſst. Sie iſt alsdann 12- bis 18mal ſo groſs als bei trockenem loſem Sande.

[182]) Ueber die Art und Weiſe, wie der Boden beim Eindringen einer Laſt ausweicht, hat *Hagen* bei ſeinen Verſuchen folgendes bemerkt.

In den loſe aufgeſchütteten, trockenen Sand dringt die Laſt ein, ohne daſs irgend eine Erhebung der Oberfläche des Grundes in der Umgebung bemerkbar wird; vielmehr bildet ſich eine kegelförmige Vertiefung um die Eintrittsſtelle, woraus hervorgeht, daſs der Sand nur zuſammengedrückt und dichter wird, indem die herabgedrückten Sandteilchen in die Zwiſchenräume der unteren lockeren Sandſchichten eindringen.

Beim feſt geſtampften, feuchten (wenig benetzten) Sande zeigte ſich um die Eindringſtelle ebenfalls eine Vertiefung; aber in einiger Entfernung ſchwoll der Boden rings herum ſtark auf.

Bei allen Thonarten dagegen erhebt ſich beim Eindringen der Laſt die Umgebung bedeutend über die Oberfläche des Bodens, was auch bei Bauten vielfach bemerkt werden kann, indem bei Dammſchüttungen durch Wieſen und Sümpfe mit weichem Untergrunde ein Sinken des Dammes eintritt, während daneben Erhöhungen des Bodens entſtehen, welche oftmals den Damm ſelbſt überragen.

Daraus folgt, daſs Thonboden ſich in mancher Beziehung einer Flüſſigkeit ähnlich verhält, und daſs ein auf Thonboden aufgeführtes Bauwerk niemals ſchwerer ſein darf als die verdrängte Thonmaſſe ſelbſt, weil nur in dieſem Falle die Sicherheit gegen Verſinken des Fundaments vorhanden iſt.

nur wenig abweicht. In einem folchen Falle ift blofs die Vorficht zu gebrauchen, dafs man das Bauwerk langfam ausführt und das Einfinken desfelben abwartet, erforderlichenfalls das Mauerwerk um das Mafs des Einfinkens höher macht.

Ungleichmäfsiges Einfinken des Fundaments bringt in letzterem Trennungen hervor, da das Mauerwerk nur felten oder nur in geringem Mafse biegenden Kräften widerftehen kann. Der Zugwiderftand des beften Mauerwerkes beträgt bei (10-facher Sicherheit nach der Tabelle auf S. 247 in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte diefes »Handbuches«[183]) 1,8 bis 2,0 kg für 1 qcm; deshalb läfst fich unter Einwirkung bedeutender, auf dem Fundamentmauerwerk ruhender Laften das Verhüten eines Bruches nicht erwarten.

375. Drehen des Fundaments. Das Drehen des Fundaments, welches, wie in Art. 372 (S. 302) gezeigt wurde, durch fchiefe (exzentrifche) Druckwirkung hervorgebracht werden kann, ift nur bei einigen feltener vorkommenden Bauwerken unfchädlich, z. B. bei gewiffen Stützmauern etc. In den meiften Fällen wird durch das Drehen das ungleichmäfsige Setzen der einzelnen Fundamentteile hervorgerufen und dadurch ihr Beftand gefährdet.

376. Gleichmäfsigkeit und Mafs des Einfinkens. Man wird demnach bei Konftruktion und Ausführung der Fundamente das Hauptaugenmerk darauf zu richten haben, dafs das Einfinken nicht zu grofs wird und dafs es vor allem gleichmäfsig gefchieht. Wo letzteres nicht erreicht werden kann, mufs man darauf bedacht fein, das Mafs des Einfinkens möglichft herabzumindern.

Der Reibungswiderftand, den ein Fundament im Boden erfährt und der von feinem lotrechten Druck abzuziehen ift, ift fehr verfchieden. Derfelbe hängt von der Form der Fundamentbafis, von der Befchaffenheit der Fundamentaufsenfläche, von der Gründungstiefe und von der Befchaffenheit der betreffenden Bodenfchichten ab; er beträgt je nach örtlichen Verhältniffen (nach *Schmoll*) 0,19 bis 0,30 kg für 1 qcm (1900 bis 3000 kg für 1 qm).

Dem Drucke, den das Bauwerk auf den Baugrund ausübt und der die Zufammenpreffung des letzteren hervorbringt, wirkt die Reibung zwifchen den Aufsenflächen des Fundaments und dem dasfelbe umgebenden Bodenmaterial entgegen. Bei Hochbauten, die in der am häufigften vorkommenden Weife, d. i. in einer ausgefchachteten Baugrube, gegründet werden, kommt diefe Reibung in der Regel gar nicht in Betracht; jedenfalls ift fie im Zeitraum unmittelbar nach der Ausführung des Fundaments nur von fehr geringem Einflufs. Allein bei den fog. verfenkten Fundamenten, die ohne Baugrube hergeftellt werden, fpielt diefe Reibung nicht felten eine wichtige Rolle; es kommt bei bedeutender Mächtigkeit der zu Tage liegenden lockeren Bodenfchicht fogar vor, dafs das Fundament nur vermöge feiner Reibung in diefer Schicht die nötige Standfeftigkeit erhält.

377. Ausweichen des Baugrundes. Das feitliche Ausweichen des Baugrundes kommt in gröfserem Mafse nur bei ganz weichem Baugrunde vor oder dann, wenn das Bauwerk auf einen Erdabhang zu ftehen kommt. Mooriger, fchlammiger etc. Boden fteigt an allen Seiten einer aufgebrachten Laft empor und läfst die letztere immer tiefer einfinken[184]).

378. Mittel gegen das Einfinken. Um das Einfinken der Fundamente auf ein möglichft geringes Mafs zurückzuführen, find die folgenden Regeln zu beobachten.

1) Man fetze das Fundament auf eine möglichft wenig prefsbare Bodenfchicht.

Das ficherfte Verfahren befteht immer darin, dafs man das Fundament auf einer vollftändig tragfähigen Bodenfchicht — fei es unmittelbar oder mit Hilfe einzelner Stützen (Pfeiler, Pfähle, Brunnen, Röhren etc.) — ausführt. Nur wenn die

---

183) 2. Aufl.: S. 53. — 3. Aufl.: S. 64.

184) Siehe die Fufsnote 182.

zu durchsetzende lockere Bodenschicht eine sehr bedeutende Mächtigkeit hat, so dafs das Erreichen der tragfähigen Schicht nur sehr schwer oder nur mit sehr grofsen Kosten möglich ist, sollte es als zuläfsig erachtet werden, dafs die erforderliche Standfestigkeit des Fundamentkörpers durch den Reibungswiderstand, den er in der lockeren Bodenschicht erfährt, erzielt werde.

Mittel, einen möglichst wenig prefsbaren Baugrund zu schaffen, sind:

α) Vermehrung der Gründungstiefe. Erfahrungsgemäfs wächst in der Regel die Festigkeit des Bodens mit der Tiefe, zum nicht geringen Teile deshalb, weil der Druck, den eine Schicht von den darüber liegenden Schichten erfährt, um so gröfser ist, in je gröfserer Tiefe die betreffende Bodenschicht gelegen ist.

Durch eine gröfsere Gründungstiefe wird noch der weitere Vorteil erzielt, dafs das seitliche Ausweichen des Bodens, welches von einem Emporsteigen desselben herrührt, geringer wird.

Mit Rücksicht auf das in Art. 338 (S. 285) Gesagte, ist dieses Mittel nur dann mit Erfolg anzuwenden, wenn die betreffende festere Bodenschicht eine entsprechende Mächtigkeit hat. Bei geringerer Mächtigkeit derselben ist es im Gegenteile angezeigt, sie thunlichst wenig zu schwächen, also die Gründungstiefe so gering wie möglich anzunehmen.

Für die Tragfähigkeit T einer Bodenschicht stellte *Rankine* die Formel auf:

$$T = t\gamma \left(\frac{1 + \sin\varphi}{1 - \sin\varphi}\right)^2,$$

worin t die Gründungstiefe, γ das Gewicht der Raumeinheit Erde und φ den Reibungswinkel der letzteren bezeichnet. Von *Jankowski* rührt der Ausdruck her:

$$T = 2t\gamma \,.\, tg^2 \frac{45 + \varphi}{2} : tg^2 \frac{45 - \varphi}{2}\,.$$

Aus beiden Gleichungen geht hervor, dafs die Tragfähigkeit mit der Gründungstiefe zunimmt[185]).

β) Verbesserung stark prefsbarer Bodenschichten. Bereits im vorhergehenden Kapitel (unter c) wurden die Mittel angegeben, welche zur künstlichen Dichtung eines nachgiebigen Baugrundes, sowie zur Verhinderung des seitlichen Ausweichens lockerer Bodenarten dienen.

2) Man beachte, ob die Tragfähigkeit des Baugrundes auch für die Folge gesichert ist; nötigenfalls treffe man die erforderlichen Vorkehrungen gegen die Beeinträchtigung der Tragfähigkeit.

Die Beeinträchtigung der Bodenfestigkeit kann hauptsächlich durch den Einflufs des Wassers, durch Gleichgewichtsstörungen in den tieferen Schichten des Baugrundes und durch anderweitige äufsere Einflüsse hervorgerufen werden. Hiervon und von der Art und Weise, wie solchen Einflüssen begegnet werden kann, wird noch unter d die Rede sein.

3) Die Belastung des Baugrundes für die Flächeneinheit soll möglichst klein sein, keinesfalls die gröfste zuläfsige Druckbeanspruchung desselben überschreiten. 379. Belastung des Baugrundes.

Im allgemeinen ist zu beobachten, dafs der vom Bauwerk auf den Baugrund ausgeübte Normaldruck nicht über ein Zehntel der Druckfestigkeit der Baugrundmasse betragen soll.

Bei ganz widerstandsfähigem Felsen kann man diesen Normaldruck auf den Baugrund ebenso grofs, als die zuläfsige Pressung im Fundamentmauerwerk selbst (7 bis 10 kg für 1 qcm) annehmen; sonst setzt man bei Felsen den gröfsten zuläfsigen Normaldruck im Mittel zu 5 bis 6 kg für 1 qcm an. Ferner ist bei Gründungen auf Gerölle, sowie auf kompaktem Thon- und Lehmboden, grobem und fest gelagertem Kies 3,5 bis 4,5 kg, bei Gründungen auf kleinkörnigem Kies und festem Sand 3 bis 4 kg für 1 qcm Nutzfläche zu rechnen.

Durch die Berliner Bauordnung vom Jahre 1853 war die gröfste zuläfsige Belastung des dortigen Baugrundes auf 2,5 kg für 1 qcm festgesetzt; indes ist die Tragfähigkeit desselben eine gröfsere und läfst

185) Siehe auch: ENGESSER, F. Zur Theorie des Baugrundes. Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 306.

fich mit Sicherheit auf 3,5 kg bemeffen; man ift in Berlin bei Kaftengründungen auf fcharfem Sande bis zu 5,12 kg für 1 qcm gegangen. — Auf Grund des § 19 der Bau-Polizei-Ordnung für den Stadtkreis Berlin vom 15. Januar 1887 ift die zuläffige Beanfpruchung »guten Baugrundes« mit 2,5 kg für 1 qcm feftgefetzt.

Bei Bauten für vorübergehende Zwecke können die angegebenen gröfsten Preffungen um 40 bis 50 Vomhundert höher angenommen werden; ebenfo kann man eine Vermehrung um etwa 25 Vomhundert eintreten laffen, wenn die gröfste Belaftung des Baugrundes nur von Zeit zu Zeit und nicht ftofsweife oder mit Erfchütterungen verbunden wirkfam ift.

Wenn bei einem entworfenen Fundament die Rechnung, bezw. die ftatifche Unterfuchung ergiebt, dafs die zuläffige Belaftung des Baugrundes für die Flächeneinheit überfchritten ift, oder wenn man, um ein möglichft geringes Einfinken des Fundaments zu erzielen, die Preffung des Baugrundes auf ein geringeres, als das gröfste zuläffige Mafs herabmindern will, fo mufs man entweder durch Abändern der Gefamtanordnung des betreffenden Gebäudes oder durch entfprechende Vorkehrungen bei Konftruktion und Ausführung des Fundaments Abhilfe fchaffen.

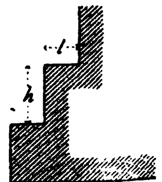
Die hauptfächlichften Mittel, die Belaftung des Baugrundes für die Flächeneinheit zu verringern, find folgende:

α) Man verteilt, wenn dies angeht, den vom Bauwerk ausgeübten Druck auf mehrere Punkte und konzentriert ihn nicht an einer einzigen oder an nur wenigen Stellen. So kann man z. B. die Zahl der Stützen, auf denen das Bauwerk ruht, vermehren etc.

β) Man vergröfsert die Aufftandfläche des Fundaments. Von dem Einflufs, den die Gröfse der Fundamentbafis auf die Konftruktion des Fundaments ausüben kann, war zum Teile fchon in Art. 373 (S. 302) die Rede.

Betrachtet man zunächft die bei Hochbauten am häufigften vorkommenden Fundamente, nämlich die aus Mauerwerk hergeftellten, fo erhält die Aufftandfläche faft ftets einen gröfseren Flächeninhalt, als der zur Bafis parallele Querfchnitt des aufgehenden Mauerwerkes hat. Dies gefchieht einerfeits deshalb, um dem Mauerkörper durch die gröfsere Aufftandfläche auch gröfsere Standfeftigkeit zu verleihen; andererfeits darf die Druckbeanfpruchung des Baugrundes in der Regel die gröfste Preffung im Mauerwerk nicht erreichen, und aus diefem Grunde mufs der Druck auf eine gröfsere Fläche verteilt werden, mit anderen Worten eine Fundamentverbreiterung eintreten. Derlei Fundamentverbreiterungen werden nur felten ftetig, meiftens abfatzweife ausgeführt, wodurch man zur Anordnung der fog. Fundamentabfätze, Grundbänke oder Bankette (Fig. 667) gelangt.

Fig. 667.



Durch Anbringen eines, erforderlichenfalls auch mehrerer Fundamentabfätze kann man die Aufftandfläche des Fundaments in folcher Gröfse erhalten, dafs der dafelbft vorkommende gröfste Normaldruck die zuläffige Preffung des Baugrundes nicht überfchreitet. Man kann indes, wenn man das Einfinken des Fundaments noch weiter verringern will, eine noch beträchtlichere Verbreiterung des Fundaments, d. i. eine Vermehrung der Zahl der Fundamentabfätze vornehmen.

Bezüglich der Breiten- und Höhenabmeffungen der Fundamentabfätze wird in der Praxis vielfach gefehlt. Die Verteilung des Normaldruckes von einem kleineren Querfchnitt auf einen tiefer gelegenen, gröfseren Querfchnitt findet nämlich nur innerhalb gewiffer Grenzen ftatt, und eine Verbreiterung des Fundamentkörpers ift nur dann von Wert, wenn diefe Grenzen eingehalten werden; geht man über diefelben hinaus, fo ift die betreffende Mauermaffe nicht nur zwecklos, fondern unter Umftänden fogar nachteilig für den Beftand des Fundaments.

Fig. 668.

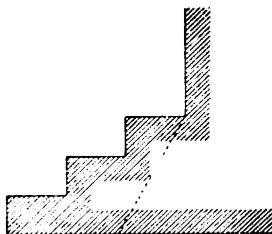
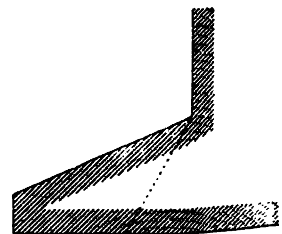


Fig. 669.



Theoretifche Unterfuchungen zeigen, dafs die Verteilung des vom Bauwerk ausgeübten Druckes in Form einer nach unten fich erweiternden Pyramide vor fich geht, deren Verjüngungsverhältnis innerhalb der Grenzen 1 : 2 und 1 : 1 gelegen ift. Erfahrungsgemäfs foll

man das Verhältnis 1 : 1 nur in befonders günftigen Fällen erreichen, während das Verhältnis 1 : 2 unter allen Umftänden genügt. Bringt man fonach die ftetige Fundamentverbreiterung an, fo find die Begrenzungslinien auf Grundlage der eben angeführten Ziffern zu wählen. Werden Fundamentabfätze angeordnet, fo foll die Breite l die Höhe h derfelben wenn möglich nicht erreichen; auch die Breite braucht aber nicht kleiner als die halbe Höhe zu fein (Fig. 667). Fundamentverbreiterungen, die nach einem gröfseren als dem angegebenen Verhältnis angeordnet werden, bedingen einerfeits eine Mauerwerksverfchwendung; andererfeits können fie auch fchädlich wirken, da fie unter Umftänden Trennungen im Fundamentkörper herbeiführen (Fig. 668 u. 669[186]).

Fig. 670. Fig. 671.

Hat man demnach ein Bauwerk (Fig. 670 u. 671), das eine untere Breite b_0 hat und den Normaldruck D auf den Baugrund ausübt, zu gründen und ift die gröfste zuläffige Preffung des Baugrundes für die Flächeneinheit K, fo ift — eine zentrifche Lage der Druckrichtung D vorausgefetzt — die Breite der Fundamentbafis für die Länge gleich 1

$$b = \frac{D}{K}.$$

Sobald K kleiner ift als die zuläffige Druckbeanfpruchung im Mauerwerk, fo ift $b > b_0$. Um die erforderliche Fundamentbreite zu erhalten, fängt man mit der Anordnung der Fundamentabfätze möglichft hoch oben (bei Bauwerken ohne unterirdifche Räume nahe an der Erdoberfläche, fonft etwa in der Höhe der Kellerfohle) an. Ift die in Ausficht genommene Gründungstiefe t nicht zu klein und der Druck D nicht befonders grofs, fo wird man den beabfichtigten Zweck ohne weiteres erreichen. Bei gröfserer Belaftung jedoch oder, wenn die tragfähige Schicht fchon in geringer Tiefe zu finden ift, kann man auf diefem Wege allerdings zu einer zu geringen Bafisbreite AB ($< b$) gelangen. Ift nun das Ueberfchreiten einer gewiffen Gründungstiefe t nicht zuläffig oder nicht wünfchenswert, fo kann man zwar die Fundamentbreite in derfelben Tiefe auf das erforderliche Mafs vergröfsern, mufs aber alsdann auch die entfprechende Verbreiterung des aufgehenden Mauerwerkes vornehmen (Fig. 670). Ift es dagegen vorzuziehen, die Gründungstiefe zu vergröfsern, fo legt man die Fundamentbafis in folche Tiefe, dafs man bei zweckmäfsiger Geftaltung der Fundamentabfätze die erforderliche Breite b erzielt (Fig. 671).

Die Vergröfserung der Fundamentbafis wird nicht immer durch unmittelbare Verbreiterung des Fundamentmauerwerkes vorgenommen; dazu dienen auch Sand- und Steinfchüttungen, Betonfchichten und Schwellrofte.

γ) Man wendet fog. Erdbogen (fiehe Abfchn. 2, Kap. 2, b, 1) und umgekehrte Gewölbe (fiehe ebendaf., Kap. 2, a) an.

δ) Man vergröfsert die Gründungstiefe. Schon früher (unter β) wurde gezeigt, wie durch die vermehrte Gründungstiefe die Vergröfserung der Fundamentbafis und dadurch die Verringerung des Druckes

[186]) *Francke* hat in neuerer Zeit (in: Schweiz. Bauz., Bd. 35, S. 145) wieder folche theoretifche Unterfuchungen angeftellt, auf Grund deren er für die erforderliche Stärke (Mächtigkeit) t eines Fundamentkörpers zur Formel

$$t = b\sqrt[3]{\frac{12\,k\,b}{7\,E}}$$

gelangt, wenn $2\,b$ die Breite diefes Fundamentkörpers, über welche fich der vom Bauwerk ausgeübte Druck noch verteilen foll, k die zuläffige Beanfpruchung des tragenden Baugrundes für die Einheit der Fläche und der Senkung und E die Elaftizitätsziffer des Materials, aus dem das Fundament hergeftellt ift, bezeichnen. Ift ω der Winkel, unter dem die Seitenflächen der oben erwähnten Druckverteilungspyramide zur Wagrechten geneigt find, fo ergiebt fich für denfelben der Ausdruck:

$$tg\,\omega = \sqrt[3]{\frac{12\,k\,b}{7\,E}};$$

hiernach können die Begrenzungslinien der Fundamentabfätze eingezeichnet werden.

Wenn man den vom Bauwerk ausgeübten Normaldruck wieder mit D, auch hier zentrifche Lage der Druckrichtung vorausgefetzt, bezeichnet, so beträgt der gröfste Bodendruck in der Mitte

$$\sigma_{max} = \frac{0{,}75\,D}{b}.$$

Beifpiel: Es fei für feft gelagerten Kiesgrund $k = 14^{kg}$ für 19^{cm}, $b = 400^{cm}$ und für Mauerwerk $E = 21000$, fo ergiebt fich $tg\,\omega = 0{,}74$ und $t = 296^{cm}$. Würde ftatt Mauerwerk *Monier*-Maffe mit dem Mittelwert $E = 66000$ gewählt werden, fo würde eine Böfchung $tg\,\omega = 0{,}526$ und eine Fundamentftärke $t = 210^{cm}$ hinreichend sein. Bei Anwendung von beftem Zementmörtel würde E auf 240000 fteigen und dementfprechend t auf 137^{cm} herabgemindert werden können.

für die Flächeneinheit erreicht werden kann. Indes ist die Vermehrung der Gründungstiefe noch in anderer Weise wirksam, da hierdurch der vom Erdreich auf den Fundamentkörper ausgeübte Druck gröfser wird; infolgedessen ist auch der Reibungswiderstand gröfser, und der Normaldruck, den das Fundament auf den Baugrund zu übertragen hat, wird geringer [187]).

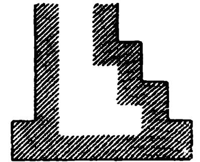
380. Gleichmäfsiges Setzen.

Um das möglichst gleichmäfsige Einsinken des Fundaments zu erzielen, beobachte man die folgenden Regeln.

1) Ist der Baugrund gleichartig und die Belastung eine überall gleiche, so gebe man der Aufstandfläche des Fundaments eine solche Gestalt, dafs sich der Normaldruck gleichmäfsig über dieselbe verteilt. In Art. 372 (S. 301) wurde bereits gezeigt, dafs die Aufstandfläche alsdann so geformt werden mufs, dafs die Mittelkraft aus sämtlichen daselbst wirksamen Kräften durch den Basisschwerpunkt hindurchgeht.

Diese Bedingung läfst sich indes nur dann erfüllen, wenn die Druckrichtung unveränderlich ist. Wenn jedoch die Mittelkraft aus sämtlichen wirksamen Kräften infolge von Wind- und Schneedruck, infolge wechselnder zufälliger Belastungen etc. eine veränderliche Richtung hat, so läfst sich die Aufstandfläche des Fundaments nicht in der angegebenen Weise anordnen, und in gewissen Fällen wird eine ungleichmäfsige Druckverteilung eintreten. Dieser Uebelstand wird dann am wenigsten nachteilig sein, wenn man die Fundamentbasis so gestaltet, dafs ihr Schwerpunkt von jener Mittelkraft getroffen wird, die den gröfsten Normaldruck ergiebt.

Fig. 672.



Das Bestreben, den Druck thunlichst gleichmäfsig auf die Aufstandfläche des Fundaments zu verteilen, kann auch zu unsymmetrischer Anordnung von Fundamentabsätzen (Fig. 672) führen, indem man an jener Seite eine gröfsere Zahl derselben anbringt, an der die ursprünglich exzentrische Druckrichtung dies erfordert.

2) Ist der Baugrund zwar gleichartig, die Belastung dagegen an verschiedenen Stellen des Bauwerkes verschieden, so mufs man durch ungleichartige Anordnung und Konstruktion der einzelnen Fundamentteile die thunlichst gleichmäfsige Beanspruchung des Baugrundes zu erzielen trachten. Wo die Belastung gröfser ist, verbreitere man die Aufstandfläche des Fundaments oder vergröfsere die Gründungstiefe [188]), oder aber man konzentriere in den weniger belasteten Teilen des Bauwerkes den Normaldruck an einzelnen Stellen, ordne Erdbogen an etc.

Man kann auch durch die Gesamtanlage eines Gebäudes das ungleichmäfsige Setzen desselben vermeiden, wenn man beachtet, wie sich die Lasten auf ihre Unterstützungen verteilen. So z. B. haben Mittelwände und einzelne Freistützen im Inneren der Gebäude häufig einen wesentlich gröfseren Druck aufzunehmen und auf den Baugrund zu übertragen, als die Aufsenwände. Man kann unter Umständen durch eine anderweitige Grundrifsanordnung die gleichmäfsigere Verteilung der Lasten erzielen.

Indes findet man bei den hohen Häusern nordamerikanischer Grofsstädte auch entgegengesetzte Verhältnisse. *Leithof* hat in Chicago beobachtet, dafs die Fundamentmauern von im Inneren der hohen Häuser gelegenen Freistützen, welche blofs durch die Deckengewichte mit zusätzlicher Last belastet sind, wegen teilweisen Fehlens der letzteren, in der Regel eine geringere Belastung für die Flächeneinheit erfahren, als die durch das Eigengewicht stark belasteten Fundamentmauern der massiven Frontwandpfeiler. Hieraus erklärt sich die merkliche Neigung der Decken nach der Frontwand hin, die bei Gebäuden früherer Zeit mit 6 bis 9 Geschossen und massiven tragenden Frontwänden nicht selten auftritt [189]).

3) Ist der Baugrund nicht gleichartig, so mufs man gleichfalls durch verschiedene Anordnung und Konstruktion der einzelnen Fundamentteile die sonst unausbleiblichen schädlichen Einsenkungen desselben verhüten.

---

187) Man ersieht hieraus, dafs man sich die Tragfähigkeit einer Bodenart, wie *Brennecke* sagt, aus drei Teilen zusammengesetzt denken kann: 1) aus der Tragfähigkeit an der Oberfläche, 2) aus der Zunahme der Tragfähigkeit infolge der Belastung durch die darüber lagernden Bodenmassen und 3) aus der Reibung, welche zwischen dem umgebenden Erdreich und den Aufsenwänden des Fundamentkörpers erzeugt wird. — Siehe auch: *Engels, H.* Untersuchungen über den Seitendruck der Erde auf Fundamentkörper. Zeitschr. f. Bauw. 1896, S. 409.

188) Für die Gründung des Reichstagshauses in Berlin war, nach Mafsgabe der im Herbst 1883 vorgenommenen Bohrungen, bestimmt, dafs die Sohlen der minder belasteten Teile auf + $31{,}2$ bis + $31{,}8$ m über Normal-Null, diejenige der 4 Ecktürme und der Kuppel auf + $30{,}0$ m über Normal-Null anzulegen seien.

189) Siehe: Zeitschr. f. Bauw. 1895, S. 223.

Ein ungleichartiger Baugrund bringt am leichteften ungleichmäfsige Senkungen im Fundamentkörper hervor. Diefelben bewirken, dafs die an der Bafis gelegenen Fundamentteile auf Biegung beanfprucht werden; gewöhnliches Fundamentmauerwerk widerfteht biegenden Kräften nur wenig; felbft gröfsere Fundamentquader brechen erfahrungsgemäfs unter dem Einflufs folcher Kräfte. Das Zerreifsen und Zerbrechen des Fundaments ift fonach häufig die Folge ungleichmäfsiger Setzungen.

Um die letzteren zu vermeiden, können je nach örtlichen Verhältniffen hauptfächlich dreierlei Mittel in Anwendung kommen.

α) An jenen Stellen, wo der Baugrund nachgiebiger ift, trachtet man durch Fundamentverbreiterung oder durch Vergröfserung der Gründungstiefe den Druck für die Flächeneinheit um fo viel herabzumindern, dafs die Preffung des ungleichartigen Baugrundes an allen Punkten nahezu diefelbe ift.

β) Man wählt eine Fundamentkonftruktion, welche biegenden Kräften beffer zu widerftehen geeignet ift als Mauerwerk, wie: Sandfchüttungen, Betonfchichten ohne oder mit Eifeneinlagen und Schwellrofte.

γ) Bei gröfseren Gebäuden wendet man in den einzelnen Teilen, der verfchiedenen Befchaffenheit des Baugrundes entfprechend, auch verfchiedene Gründungskonftruktionen an. Die verfchieden gegründeten Gebäudeteile werden alsdann am beften ftumpf aneinander geftofsen, damit die vorkommenden ungleichmäfsigen Senkungen in den einzelnen Teilen unabhängig voneinander eintreten können und keine fchädlichen Trennungen im Mauerwerk hervorbringen. Erft wenn das Setzen ftattgefunden hat, findet der entfprechende Höhenausgleich und die Vereinigung der einzelnen Teile ftatt.

Beifpiele. a) Für die Gründung der Univerfitätsinftitute an der Dorotheenftrafse zu Berlin ergaben forgfältige Bodenunterfuchungen, dafs einft ein Wafferlauf der Spree das Grundftück von Südoft nach Nordweft durchzogen haben mufste. Der tragfähige Baugrund fällt von $2{,}50^{m}$ unter Erdgleiche in der neuen Wilhelmftrafse anfangs allmählich, dann aber fehr rafch bis zu einer Tiefe von 20^{m}; in gleicher Weife fenkt fich der tragfähige Sand von der Dorotheenftrafse nach dem Ufer der Spree hin.

Diefen Verfchiedenheiten entfprechend wurden folgende Gründungsarten in Anwendung gebracht: mittlerer Teil des Mittelbaues vom phyfiologifchen Inftitut — gemauertes Fundament in einer Tiefe von 1^{m} unter Grundwaffer, ausgeführt bei Wafferfchöpfen; übrige Teile des Mittelbaues und der füdliche Flügel des phyfiologifchen Inftituts — Boden unter Waffer ausgebaggert, dann betoniert und das Waffer ausgepumpt; nördlicher Teil des Oftflügels und die um das grofse Auditorium nordöftlich und öftlich gruppierten Bauteile — hölzerne Senkröhren; übriger Teil der Bauanlage — Pfahlroft (mit Pfählen bis 16^{m} Länge); Präzifionsarbeitsfitze — Senkbrunnen [190]).

b) Auch beim Bau des neuen Reichstagshaufes zu Berlin wurden in den einzelnen Teilen, der verfchiedenartigen Befchaffenheit des Baugrundes und den verfchiedenen Belaftungen der einzelnen Gebäudeteile entfprechend, verfchiedene Gründungsverfahren in Anwendung gebracht, und zwar: gewöhnliche gemauerte Fundamente, Fundamentmauerwerk mit Gegenbogen, Betongründung und Betonpfahlroft [191]).

c) Sicherheit gegen feitliches Verfchieben.

Das feitliche Verfchieben oder das Abgleiten des Fundaments kann eintreten:

1) durch unzweckmäfsige Lage der Aufftandfläche des Fundaments,

2) durch den Einflufs des Waffers, durch Gleichgewichtsftörungen in den oberen Bodenfchichten und durch anderweitige äufsere Einflüffe.

An diefer Stelle wird nur von dem unter 1 angeführten Faktor die Rede fein.

Damit das feitliche Verfchieben des Fundaments nicht eintrete, find die folgenden Regeln zu beobachten. 381. Mittel gegen Verfchieben.

1) Man lege die Aufftandfläche des Fundaments winkelrecht zur herrfchenden Druckrichtung. Von diefer Lage der Fundamentbafis, die man auch die theoretifche nennen kann, wurde fchon in Art. 371 (S. 300) gefprochen.

Wenn ein Bauwerk oder ein beftimmter Konftruktionsteil desfelben nur lotrechte Laften zu tragen hat, fo ift auch auf den Baugrund nur ein lotrechter Druck zu übertragen, und die Aufftandfläche des Fundaments wird vorteilhafterweife wagrecht gelegt. Treten jedoch noch feitliche Schübe, wie Erddruck, Gewölbfchub, Winddruck etc., hinzu, fo nimmt die Mittelkraft aus fämtlichen auf die Fundamentbafis

190) Näheres hierüber: KLEINWÄCHTER. Die Fundirung der Univerfitäts-Inftitute in Berlin. Centralbl. d. Bauverw 1881, S. 359.

191) Näheres hierüber: Der Bau des Reichstagshaufes in Berlin. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 25.

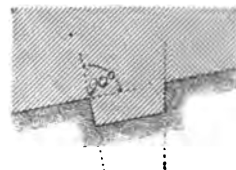
wirkenden Kräften eine von der lotrechten abweichende Richtung an. Sind nun lotrechte und wagrechte Kräfte unveränderlich, fo ift auch die Mittelkraft unveränderlich, und man kann dem feitlichen Verfchieben des Fundaments dadurch vorbeugen, dafs man die Aufftandfläche winkelrecht zur Richtung der Mittelkraft anordnet oder doch nur wenig (vergl. Art. 371, S. 300) von diefer Lage abweicht.

Dies fetzt voraus, dafs man es bei Konftruktion und Ausführung des Fundaments in der Hand hat, unter Aufwendung verhältnismäfsig geringer Koften der Aufftandfläche eine beliebige Lage zu geben.

Bisweilen find die Kräfte, namentlich die wagrechten Kräfte, die ein Bauwerk, bezw. einen Konftruktionsteil beanfpruchen, veränderlich (Winddruck, feitliche Schübe, die von zufälligen Laften herrühren etc.); alsdann hat auch die auf die Fundamentbafis wirkfame Mittelkraft eine veränderliche Richtung. Erreichen die Unterfchiede die Gröfse des Reibungswinkels nicht, fo wird man eine zweckentfprechende Anordnung erhalten, wenn man die Bafis winkelrecht zur mittleren Druckrichtung legt. Sind die Schwankungen gröfser, fo wird man zwar der Fundamentbafis eine ähnliche Lage geben, wird aber dem feitlichen Verfchieben durch andere Vorkehrungen vorbeugen.

2) Ift es aus irgend welchen Gründen nicht zuläffig oder nicht wünfchenswert, von einer beftimmten, den herrfchenden Druckverhältniffen nicht entfprechenden Lage der Fundamentbafis abzuweichen, fo mufs man durch anderweitige Vorkehrungen das Abgleiten des Fundaments verhüten.

Fig. 673.



Derlei Vorkehrungen find:

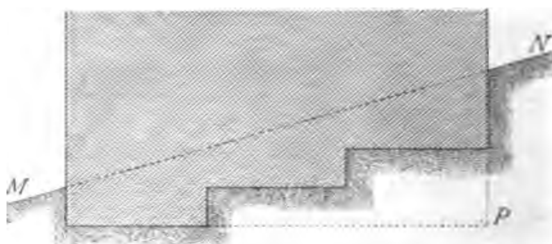
α) Man vermehrt das Gewicht des zu gründenden Bauwerkes. Hierdurch wird die Mittelkraft in günftigem Sinne abgelenkt; die zur Aufftandfläche des Fundaments winkelrechte Seitenkraft wird gröfser, fonach die Reibung vermehrt.

β) Man vermehrt in anderer Weife die Reibung des Fundaments auf dem Baugrund. Dies kann durch hervortretende Schwellen und Pfähle gefchehen oder dadurch, dafs man das Fundamentmauerwerk zahnförmig (Fig. 673) in den Baugrund eingreifen läfst.

Solche Fundamentzähne follten nicht unter 30 cm, beffer nicht unter 50 cm Tiefe und nicht unter 60 cm, beffer nicht unter 1 m Länge haben.

γ) Man vergröfsert die Gründungstiefe. Hierdurch wird einerfeits gleichfalls in dem fchon unter α gedachten Sinne das Gewicht des Bauwerkes vermehrt; andererfeits wirkt der Erdkörper, welcher vor der herrfchenden Druckrichtung gelegen ift, durch den fog. paffiven Erddruck gegen das Abgleiten des Fundamentkörpers [192]).

Fig. 674.



δ) Man bringt an der am tiefften gelegenen Stelle des Bauwerkes einen fo grofsen Mauerkörper an, dafs diefer durch fein Maffe allein das Abgleiten des Fundaments zu verhindern im ftande ift.

ε) Wenn ein langgeftrecktes Fundament im wefentlichen nur lotrechte Drücke zu übertragen hat und wenn dasfelbe auf einem zwar widerftandsfähigen, jedoch ftark geneigten Baugrund *MN* (Fig. 674) herzuftellen ift, fo würde das unmittelbare Auffetzen des Fundamentmauerwerkes auf die ftark abfallende Bodenfläche das Abgleiten desfelben zur Folge haben. Wollte man andererfeits eine ftetig fortlaufende Aufftandfläche *MP*, welche den theoretifchen Anforderungen entfpricht, zur Ausführung bringen, fo wird der Rauminhalt des Fundamentkörpers wefentlich vermehrt, der letztere alfo verteuert, und auch das Ausheben der Fundamentgrube wird koftfpieliger, letzteres namentlich dann, wenn der Baugrund felfig ift.

---

192) Nach *Ott*'s Baumechanik (Teil I., 2. Aufl. Prag 1877) läfst fich die in diefem Falle erforderliche Gründungstiefe t berechnen aus der Gleichung

$$t = \frac{1{,}414}{f + \sqrt{1 + f^2}} \sqrt{\frac{2H - (G + 2V)f}{\gamma}},$$

worin G das Eigengewicht des Fundament- und des darüber aufgeführten aufgehenden Mauerwerkes, V die Mittelkraft der fonft wirkfamen lotrechten Kräfte, H die Mittelkraft aus den das Bauwerk angreifenden wagrechten Kräften, γ das Gewicht der Raumeinheit Bodenmaterial und f den Reibungskoeffizienten des letzteren bezeichnen. Bei naffem Erdreich ift der kleinfte Wert von $f = 0{,}3$ einzuführen; der gröfste Wert ift zu $0{,}65$ anzunehmen.

In einem folchen Falle treppe man den Baugrund ab, und zwar derart, dafs die Begrenzungen der einzelnen Stufen winkelrecht, bezw. parallel zur herrfchenden Druckrichtung gelegen find. Haben die einzelnen Stufen eine gröfsere Länge und ift das zu gründende Bauwerk ftark belaftet, fo ift der über jeder Stufe ftehende Mauerkörper unabhängig von den benachbarten auszuführen. Würde die Mauerung im Verbande gefchehen, fo würde das den verfchiedenen Höhen entfprechende, ungleichmäfsige Setzen Trennungen im Mauerwerk hervorrufen. (Vergl. auch Art. 380, S. 309).

d) Sicherheit gegen äufsere Einflüffe.

Aeufsere Einflüffe, welche den Beftand der Fundamente gefährden können und die infolgedeffen für ihre Konftruktion und Ausführung mafsgebend find, rühren zumeift vom Waffer, von Gleichgewichtsftörungen in den oberen Bodenfchichten und von Gleichgewichtsftörungen, welche in den tieferen Bodenfchichten durch unterirdifche Baue hervorgerufen werden, her. 382. Einflufs des Waffers.

1) Einflufs des Waffers. Derfelbe macht fich in mehrfacher Weife geltend:

α) Die natürliche Bodenfeuchtigkeit wird im Winter dadurch fchädlich, dafs der Froft den Baugrund auflockert und denfelben nachgiebiger macht. Nur wenige, vollkommen froftbeftändige Felsarten widerftehen diefem Einflufs.

β) Das Grundwaffer fteigt im Fundamentmauerwerk, unter Umftänden auch im aufgehenden Mauerwerk empor, veranlafst den feuchten Zuftand der Wände und der von denfelben umfchloffenen Räume. Konftruktionsmaterialien, welche der Feuchtigkeit nicht genügend widerftehen können, werden angegriffen, wodurch der Beftand des Bauwerkes gefährdet werden kann. Kohlenfäurehaltiges Waffer, ebenfo feuchter Boden, der organifche, in Verwefung begriffene Stoffe enthält, wirken befonders zerftörend auf das Mauerwerk ein. Unter Umftänden tritt das Grundwaffer auch in die unterirdifchen Räume der Gebäude — feitlich oder durch die Kellerfohle — ein. (Siehe auch Art. 344, S. 287.)

γ) Quellen und fonftige Wafferadern, welche den Baugrund durchfetzen, führen die Erweichung desfelben mit fich; infolgedeffen tritt die Senkung des Fundaments ein.

In gefchichteten, fonft widerftandsfähigen Felsarten können Wafferadern auch dann einen fchädlichen Einflufs ausüben, wenn fie von geneigten Thon- oder Lehmfchichten durchfetzt find. Die letzteren werden durch das Waffer fchlüpfrig, und im Laufe der Zeit kann das Abrutfchen des Fundaments eintreten[193]).

Quellen und anderes den Boden durchfliefsendes Waffer[194]) können auch das Unterfpülen des Fundaments und diefes wieder eine beträchtliche Senkung des letzteren zur Folge haben[195]).

193) Bei den Bergrutfchungen zu Caub (1876), wo die Gebirgsformation aus Thonfchiefer mit eingelagerten Dachfchieferflötzen befteht, war die auf der nordweftlichen Seite zu Tage tretende Lettenfchicht durch die vorhergehenden anhaltenden Regengüffe wie mit Seife gefchmiert und hatte den Fels- und Schuttmaffen als Rutfchfläche gedient. (Vergl.: Deutfche Bauz. 1867, S. 291.)

194) Hierzu gehört auch das Waffer, welches aus Flufs- und Strombetten in die Uferwandungen fickert, was namentlich bei Hochwaffer eintritt und auf den Beftand von auf den Ufern errichteten Bauwerken zerftörend wirken kann.

Mehrere der alt-ägyptifchen Denkmalbauten, wie z. B. der Palaft von Karnak, die meiften Monumente Thebens etc., find hauptfächlich deshalb in Verfall geraten, weil ihre ohnedies nicht fehr forgfältig ausgeführten Fundamente vom Nilwaffer, welches bei den periodifchen Ueberfchwemmungen in das Ufergelände einfickert, einen zerftörenden Einflufs erfahren haben.

195) Die fchon in der Fufsnote 181 (S. 303) erwähnten *Hagen*'fchen Verfuche bezogen fich auch auf den Einflufs, den Waffer auf einige Bodenmaterialien ausübt.

Liefs man in eine Schüttung von trockenem Sande Waffer von unten eintreten und diefes mit einer Druckhöhe wirken, welche fich etwa 3 cm über die Oberfläche erhob, fo verlor der Sand alle Feftigkeit und quoll ftellenweife hoch auf. Liefs man aber das Waffer von oben nach unten durch die Maffe fliefsen, fo ergab fich eine bedeutend gröfsere Tragfähigkeit.

Beim Durchlaffen von Waffer durch die Sandfchicht von unten wird die Tragfähigkeit immer noch etwas gröfser, als

Ein Baugrund mit ungleichem Waffergehalt, welcher nicht gleichmäfsig entwäffert wird, kann die ungleiche Senkung oder — bei eintretendem Froft — felbft die ungleiche Hebung von Gebäudeteilen veranlaffen, wodurch das Reifsen des Mauerwerkes eintritt[196]).

δ) Offenes, insbefondere das fliefsende und das wellenfchlagende, Waffer kann bei fortgefetztem Angriff das Unterwafchen des Fundaments herbeiführen. Diefer Punkt wird fonach bei Hochbauten, die an und in Teichen, Seen, Flüffen oder am Meeresufer zu errichten find, befonders zu berückfichtigen fein.

ε) Bisweilen ift auch der vom Waffer erzeugte Auftrieb für Konftruktion und Ausführung der Fundamente von Einflufs. Kommt ein Bauwerk unmittelbar auf Felfen oder auf eine fonftige wafferundurchläffige Bodenart zu ftehen, fo ift ein Auftrieb nicht vorhanden. Wenn jedoch das betreffende Bodenmaterial vom Waffer durchzogen wird, ift in vielen Fällen der Auftrieb in Betracht zu ziehen. —

Diefen verfchiedenartigen nachteiligen Einflüffen des unter- und oberirdifchen Waffers mufs in geeigneter Weife begegnet werden. In diefer Beziehung find die nachftehenden Regeln zu beobachten.

Zu α). Die Aufftandfläche des Fundaments ift in froftfreie Tiefe zu legen. In unferen Klimaten dringt der Froft meift nur in eine Tiefe von 80 cm bis 1 m ein; deshalb ift mindeftens eine Gründungstiefe von $1{,}00$ bis $1{,}25$ m zu wählen.

Bei allen wichtigeren Bauwerken ift die gröfsere der beiden angegebenen Grenzziffern zu verwenden; nur bei Nebengebäuden, bei Einfriedigungen etc. kann man eine geringere Gründungstiefe wählen. Bei vollkommen froftbeftändigem Felfen kann man auch unter 1 m Tiefe gehen.

Zu β). Dem fchädlichen Einflufs des Grundwaffers mufs durch entfprechende Dichtungs- und Entwäfferungsanlagen, fowie durch Wahl geeigneter Konftruktionsmaterialien vorgebeugt werden.

Damit das Grundwaffer im Mauerwerk nicht emporfteige, bringe man fog. Ifolierfchichten an, von denen noch im nächften Bande, Heft 1 diefes »Handbuches« (Abt. III, Abfchn. 1, A, Kap. 12: Schutz der Wände gegen Feuchtigkeit) die Rede fein wird.

Das Fundamentmauerwerk foll ferner möglichft wafferdicht nach den Seiten hin abfchliefsen, damit kein Waffer in die Keller oder fonftigen unterirdifchen Räume eindringe; dies kann durch möglichft wafferdichte Mauerung, noch beffer durch Anlage von Luftgräben und durch zweckmäfsige Entwäfferungsanlagen aufserhalb des Fundamentmauerwerkes erzielt werden. Das Grundwaffer darf auch nicht durch die Kellerfohle emporfteigen, was durch Lehmfchlag- und Betonfchichten[197]), durch umgekehrte und entfprechend gedichtete Gewölbe, beffer durch die oben erwähnten Entwäfferungsanlagen (vergl. Art. 363 u. ff., S. 297 u. ff.) zu gefchehen hat. Auch folche Konftruktionen werden fpäter noch zu befprechen fein.

Um den zerftörenden Einflufs der Feuchtigkeit auf die Konftruktionsmaterialien zu verhüten, müffen diefelben in entfprechender Weife gewählt, bezw. in geeigneter Weife verwendet werden. In letzterer Beziehung ift namentlich bei Anwendung von Holz zu beachten, dafs dasfelbe ftets unter Waffer bleibe

---

bei trockenem Sande, der lofe aufgefchüttet wird, aber kleiner als bei trockenem, feft geftampftem Sande, indeffen nur fo lange, als die Druckhöhe des Waffers fich nicht auf mehr als einige Millimeter über die Oberfläche des Sandes erhebt und die Oberfläche nicht mehr auffpült.

Beim Durchfliefsen des Waffers von oben nach unten wird die Tragfähigkeit 4- bis 5mal fo grofs, als bei trockenem, lofe aufgefchüttetem Sande.

Die Verfuche mit verfchiedenen, auch fehr fteifen Thonarten ergaben, dafs diefelben fich ähnlich wie Flüffigkeiten verhalten, dafs die Tragfähigkeit nahe dem Gewichte der verdrängten Thonmaffe gleich ift und ein auf Thon gelagertes Gebäude fomit eigentlich immer fchwimmt. Ferner fcheint fich aus diefen Verfuchen zu ergeben, dafs für verfchiedene drückende Flächen die Einfenkungen den Quadraten diefer Flächen umgekehrt proportional find.

196) Als Beifpiel kann u. a. ein in Oberheffen erbautes Bahnwärterhaus der Main-Wefer-Bahn angeführt werden, wovon ein Teil durch das in der wafferführenden Bodenfchicht gebildete Eis gehoben und dadurch von dem in feiner früheren Lage verbliebenen Teile abgeriffen wurde.

197) Bei den Gründungen der *Magafins du Bon Marché* zu Paris war der Grundwafferzudrang zu gewiffen Zeiten fo grofs, dafs die Dichtung durch Beton das Eindringen des Waffers in das II. Kellergefchofs nicht verhüten konnte. In der Folge wurde eine zuverläffigere Dichtung dadurch erzielt, dafs die einzelnen Mafchinen etc. in wafferdichte Behälter geftellt wurden, welche wie die Wafferbehälter aus Eifenblech konftruiert find. Der gröfste derfelben ift $18{,}5$ lang, $11{,}8$ breit und $2{,}5$ m tief; die Wände find aus 10 mm, der Boden aus 12 mm dickem Blech angefertigt; die Winkeleifen in den Ecken find 8 cm breit; der Boden ift noch durch Blechträger von 60 cm Höhe verftärkt. (Näheres hierüber in: *Fondations des Magafins du Bon Marché à Paris. La conftruction moderne*, Jahrg. 2, S. 426.

und nicht dem ſchädlichen Wechſel von Näſſe und Trockenheit ausgeſetzt werde. Die Oberkante jeder hölzernen Fundamentkonſtruktion ſoll deshalb mindeſtens 30, beſſer 50 bis 75 cm unter dem niedrigſten Grundwaſſerſpiegel gelegen ſein. Stets iſt die gröſsere Ziffer, wenn nötig eine noch tiefere Lage der Holzkonſtruktion zu wählen, wenn die Möglichkeit vorliegt, daſs durch Anlage einer ſtädtiſchen Kanaliſation, durch Tieferlegung des nächſt gelegenen Rezipienten etc. eine Senkung des Grundwaſſerſpiegels eintreten könnte.

Zu γ). Iſt der Baugrund von Waſſeradern durchſetzt, ſo gehe man entweder mit der Aufſtandfläche des Fundaments bis unter die waſſerführende Schicht, oder beſſer man entwäſſere die letztere in der ſchon in Art. 364 (S. 298) beſprochenen Weiſe. Sind Quellen vorhanden, ſo faſſe man ſie, wie an derſelben Stelle gleichfalls ſchon geſagt wurde, oberhalb des Fundaments derart ab, daſs ihr Abfluſs keine Störung erleidet.

Erforderlichenfalls kann auch durch eine Spundwandumſchlieſsung das ſeitliche Ausweichen des Baugrundes oder auch das Auswaſchen desſelben verhütet werden.

Zu δ). Bei Gründungen am und im ſtehenden oder flieſsenden Waſſer verhüte man das Unterwaſchen des Fundaments durch eine entſprechend tiefere Gründung, durch Umſchlieſsung mit einer Spundwand und durch Steinſchüttung.

Wenn man die Aufſtandfläche des Fundaments in eine ſolche Tiefe verlegt, in der das Waſſer eine ſehr geringe Geſchwindigkeit hat, in der es alſo überhaupt keinen Angriff auf den Boden ausübt, ſo iſt der beabſichtigte Zweck erreicht.

Spundwände (ſiehe Art. 154 u. ff., S. 112) werden entweder vollſtändig dicht hergeſtellt, oder ſie umſchlieſsen das Fundament in ſolcher Weiſe, daſs jede nachteilige Bewegung des Waſſers vermieden wird. Beide Anordnungen werden in vielen Fällen genügen. Doch thut man auch hier beſſer, wenn man mit dem Fundament in ſolche Tiefe herabgeht, in welcher das Waſſer nur eine geringe Strömung hat; denn die Spundwand ſchützt zwar den Boden unter dem Fundament gegen Fortſpülen; allein das ſeitliche Fortſpülen des Bodenmaterials um die Spundwand herum und das dadurch hervorgerufene Ausweichen derſelben werden nicht verhütet.

Steinſchüttungen oder Steinwürfe müſſen aus ſo groſsen Steinen gebildet werden, daſs ſie vom Waſſer nicht fortbewegt werden[198]). Die Steinſchüttungen kommen entweder allein oder in Verbindung mit Spundwänden zur Verwendung. Im letzteren Falle haben ſie die Standfeſtigkeit der Spundwände zu erhöhen und das Wegſpülen des Bodenmaterials um dieſelben herum zu verhüten.

Auch hier müſſen hölzerne Konſtruktionsteile des Fundaments ſtets unter Waſſer ſein und deshalb ihre Oberkante mindeſtens 50 cm unter den bekannten niedrigſten Waſſerſtand gelegt werden.

Zu ε). Dem vom Waſſer erzeugten Auftriebe muſs eine ſolche Maſſe entgegengeſetzt werden, daſs ſich beide das Gleichgewicht halten. Soll z. B. die Sohle eines Waſſerbehälters oder ſonſtigen Beckens durch das Grundwaſſer nicht gehoben werden, ſo muſs der Baukörper, der die Sohle bildet, eine ſolche Dicke erhalten, daſs ſein Gewicht mindeſtens ebenſo groſs iſt, als der wirkſame Auftrieb. In gleicher Weiſe iſt zu verfahren, wenn eine Baugrube trocken gelegt und durch einen waſſerdichten Baukörper die Waſſerzuſtrömung auf ihrer Sohle verhindert werden ſoll.

Die Dicke d ſolcher, dem Auftrieb entgegenwirkender Baukörper (meiſt Mauer- und Betonſchichten) läſst ſich aus der Gleichung

$$d = \frac{t}{\gamma}$$

berechnen, wenn t die Höhe der drückenden Waſſerſäule (die Waſſertiefe) und γ das Gewicht der Raumeinheit des betreffenden Baukörpers bezeichnet. Indes erhält man auf dieſe Weiſe ſtets eine zu groſse

---

198) Stellt man ſich die Steine als Würfel von der Kantenlänge a vor, ſo muſs

$$a > \frac{\gamma}{2 \gamma_0 g f} v^2$$

ſein, wenn γ das Gewicht der Raumeinheit Waſſer, γ_0 das Gewicht der Raumeinheit Stein, v die Geſchwindigkeit des Waſſers, g die Beſchleunigung der Schwere und f den betreffenden Widerſtandskoeffizienten bezeichnen. Der Koeffizient von v kann im Mittel zu 10 angenommen werden.

Dicke, weil das Waffer zwifchen den Bodenteilchen einen Widerftand erfährt und deshalb feine Bewegungsgefchwindigkeit kleiner ift, als jene, welche der wirkfamen Druckhöhe entfprechen würde. Bei grobem Kiesboden wird infolgedeffen die nach aufwärts wirkfame Kraft auf etwa die Hälfte, bei fandigem Baugrund auf etwa ein Dritteil des theoretifchen Auftriebes herabgemindert. Meiftens wird deshalb fchon die Hälfte der nach obiger Formel berechneten Dicke genügen [199]).

Wirken auf ein Bauwerk aufser lotrechten auch wagrechte Kräfte, fo find bei Auffuchung der Gefamtmittelkraft die lotrechten Kräfte um das Mafs des Auftriebes zu verringern.

383. Gleichgewichtsftörungen im Baugrund.

2) Gleichgewichtsftörungen in den oberen Bodenfchichten. Diefelben können hervorgebracht werden:

α) Durch örtliche Veränderungen, die in den meiften Fällen durch Bodeneinfchnitte und fonftige Erdarbeiten entftehen und das Abgleiten des Bauwerkes erzeugen können.

β) Durch Wafferanfammlung in den tieferen Teilen der Erdrinde; hierdurch wird nicht felten ein Angriff und eine Löfung der zu Tage liegenden Erdfchicht hervorgerufen, welche das Nachfinken höher gelegener Schichten und der darauf gegründeten Bauwerke zur Folge haben kann [200]).

3) Gleichgewichtsftörungen in den tieferen Bodenfchichten. Die hier in Frage kommenden Gleichgewichtsftörungen find hauptfächlich diejenigen, welche durch unterirdifche Baue, wie Bergwerks- und Wafferftollen, Tunnel etc., fowie durch die damit verbundenen Wafferentziehungen und Einbrüche hervorgebracht werden [201]).

Durch folche Einflüffe kann ebenfo das Berften des Fundaments, wie das Abgleiten desfelben ftattfinden.

Um in allen derartigen Fällen die zu errichtenden Gebäude vor der fpäteren Gefährdung nach Thunlichkeit zu fchützen, mufs man Konftruktionen und Sicherungen ausführen, bei denen auf die Möglichkeit einer fpäter eintretenden Lagenveränderung Rückficht genommen ift. Allgemeine Regeln laffen fich hierbei nicht aufftellen, da die mafsgebenden örtlichen Verhältniffe ungemein verfchieden find. An diefer Stelle läfst fich nur allgemein fagen, dafs man dem Abgleiten die entfprechenden Maffen, dem Berften des Fundaments Konftruktionen entgegenfetzen mufs, die eine gröfsere Zugfeftigkeit haben, als Mörtelmauerwerk.

In Teil III, Bd. 6 (Abt. V, Abfch. 1, Kap. 3) wird von der Einwirkung der Bodenfenkungen auf Gebäude und den Sicherungen dagegen noch eingehend die Rede fein.

e) Gründungstiefe.

384. Gründungstiefe.

Im vorhergehenden war mehrfach Anlafs, von der Gröfse der Gründungstiefe und von einigen Faktoren, welche diefelbe beeinfluffen, zu fprechen. Es dürfte indes

199) Vergl. auch: Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1880, S. 85. — Zeitfchr. f. Bauw. 1886, S. 101. — Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 87; 1887, S. 314.

200) Als Beifpiele von Bauwerken, welche durch Gleichgewichtsftörungen in den oberften Bodenfchichten gelitten haben, können die von den Bergrutfchen zu Aachen etc. berührten Gebäude genannt werden.

201) Der unterhöhlte Baugrund in den Kohlenrevieren Rheinlands und Weftfalens hat mehrfach fchädliche Veränderungen erlitten. Die Stadt Effen fteht auf einem Gelände, das der Steinkohlenformation angehört, von mehreren Kohlenflötzen durchfetzt und von einer Kreidemergelfchicht überlagert ift. Durch den Abbau jener Kohlenflötze erfährt die Mergelfchicht teils durch Wafferentziehung, teils durch zeitweife Einbrüche örtliche Einfenkungen. Die Gebäude kommen alsdann entweder auf die durch die Einfenkungen gebildeten Mulden oder auf die betreffenden Sattel zu ftehen und werden hierbei einer Biegung ausgefetzt, welche das Reifsen der unteren Mauerfchichten und das Klaffen der Stofsfugen nach unten oder oben zur Folge hat.

nicht überflüffig fein, die hierbei zu beobachtenden Regeln nochmals zufammenzufaffen und durch die noch nicht erwähnten Gefichtspunkte zu ergänzen[202]).

1) Das Fundament ift, wenn irgend möglich, auf die tragfähige Bodenfchicht — fei es unmittelbar oder mittels einzelner Stützen (Fundamentpfeiler, Pfähle, Brunnen, Röhren etc.) — zu fetzen. Nur im Notfalle verfuche man es, durch die Reibung des Bodenmaterials an den Aufsenflächen des Fundaments allein die erforderliche Standfeftigkeit desfelben zu erzielen (vergl. Art. 381, S. 310).

2) Die Aufftandfläche des Fundaments mufs in froftfreier Tiefe gelegen fein (vergl. Art. 382, S. 312).

3) Man wähle eine über das geringfte zuläffige Mafs hinausgehende Gründungstiefe[203]), wenn man:

α) eine noch feftere Bodenfchicht erreichen will (vergl. Art. 378, S. 305);

β) wenn man durch eine gröfsere Fundamentverbreiterung den vom Fundament zu übertragenden Druck auf eine gröfsere Fläche verteilen will (vergl. Art. 379, S. 306);

γ) wenn man den Reibungswiderftand zwifchen dem Bodenmaterial und den Aufsenflächen des Fundaments vermehren will (vergl. Art. 379, S. 307);

δ) wenn man das Abgleiten des Fundaments durch den Einflufs des fog. paffiven Erddruckes verhüten will (vergl. Art. 381, S. 310);

ε) wenn die Sohle der im Gebäude etwa anzulegenden unterirdifchen Räume tiefer gelegen ift, als die obere Begrenzung der tragfähigen Bodenfchicht, und

ζ) wenn das feitliche Ausweichen und Emporfteigen des Baugrundes verringert werden foll (vergl. Art. 377, S. 304).

4) Man führe das Fundament in eine folche Tiefe hinab, dafs es vor dem fchädlichen Einfluffe des Waffers bewahrt bleibt (vergl. Art. 382, S. 311).

385. Einflufs der Gründungstiefe.

Von der Gründungstiefe hängt zum grofsen Teile die Konftruktion und Ausführung des Fundaments ab. Für geringere Tiefen werden aufgebaute Fundamente (in ausgefchachteter Baugrube von unten nach oben hergeftellt), bei gröfseren Tiefen verfenkte Fundamente (in den Boden eingetrieben oder mittels Grabe- und Baggerarbeit gefenkt) angewendet.

f) Gründungsverfahren.

386. Wahl des Gründungsverfahrens.

Die Wahl des Gründungsverfahrens hängt ab:

1) von der Natur des betreffenden Gebäudes und von der Art und Weife, wie dasfelbe den Baugrund beanfprucht (Eigengewicht des Gebäudes, ruhende und bleibende oder wechfelnde und ftofsende Belaftung, Erfchütterungen etc.);

2) von den Anfprüchen an die längere oder kürzere Zeit dauernde Erhaltung des Gebäudes (Bauten für bleibende oder vorübergehende Zwecke, monumentale Bauwerke, einfachen Zwecken dienende Profanbauten etc.);

3) von der Befchaffenheit des Baugrundes;

4) vom Vorhandenfein von Waffer (ob Grundwaffer, offenes fliefsendes, wellenfchlagendes etc. Waffer) und anderen äufseren, den Baugrund beeinflufsenden Faktoren;

5) von den verfügbaren Bauftoffen, mafchinellen und fonftigen Hilfsmitteln;

6) von der verfügbaren Bauzeit, und

7) von den Koften, welche die einzelnen Gründungsverfahren erzeugen.

202) Diejenigen Regeln und Gefichtspunkte, von denen bereits ausführlicher die Rede war, find durch kleineren Druck gekennzeichnet.

203) *Vitruv* fagt im III. Buche (Kap. 4): Das Erdreich ift bei Tempelbauten nicht nur fo tief auszugraben, bis man, wo möglich, feften Boden erreicht, fondern auch noch in die fefte Bodenfchicht hinein, nach Mafsgabe der Gröfse und Schwere des auszuführenden Gebäudes.

387. Einflufs des Baugrundes. Unter diefen Faktoren find indes die Befchaffenheit des Baugrundes und der Einflufs des Waffers in erfter Reihe leitend bei der Wahl des Gründungsverfahrens.

Bezüglich des Baugrundes ift hierbei entfcheidend:

1) ob die fefte Bodenfchicht, worauf das Fundamentmauerwerk unmittelbar gefetzt werden kann, bereits in geringerer Tiefe fich vorfindet, oder

2) ob der tragfähige Baugrund erft in gröfserer Tiefe (innerhalb ziemlich weiter Grenzen, 3 bis 15 m) unter der Erdoberfläche zu finden ift, fo dafs er mittels Fundamentpfeilern, Pfählen, Senkbrunnen oder Senkröhren erreichbar ift, oder

3) ob die tragfähige Bodenfchicht fich in noch gröfserer Tiefe befindet, fo dafs fie mit den eben angedeuteten Mitteln nicht erreicht werden kann.

388. Einflufs des Waffers. Der Einflufs des Waffers macht fich in negativem oder pofitivem Sinne geltend, infofern

1) gar kein Waffer vorhanden ift, oder

2) Waffer fich zwar vorfindet — fei es Grundwaffer oder offenes Waffer (letzteres ein im Hochbauwefen verhältnismäfsig fehr feltener Fall) — welches fich aus der Baugrube ausfchöpfen läfst, oder

3) das vorhandene Waffer nicht ausgefchöpft werden kann.

389. Gruppierung und Einteilung der Gründungen. Vereinigt man die eben angeführten fechs Gefichtspunkte untereinander, fo kann man die verfchiedenen Gründungsweifen nach Art des nebenftehenden Schemas[204]) gruppieren.

Für die nachfolgenden Betrachtungen erfcheint es am zweckmäfsigften, die Grundbauten einzuteilen in[205]):

1) aufgebaute Fundamente, welche von unten nach oben hergeftellt werden, und

2) verfenkte Fundamente, deren Ausführung von oben nach unten gefchieht — fei es, dafs fie in den Boden eingetrieben werden, fei es, dafs unter dem bereits fertigen Fundamentkörper der fchlechte Boden nach und nach weggenommen wird.

390. Koften. In Art. 386 würde gefagt, dafs auch die Koften der Gründungsverfahren bei ihrer Wahl ausfchlaggebend fein können. Man wird, zwei gleich gute Fundamentkonftruktionen vorausgefetzt, naturgemäfs diejenige wählen, welche unter fonft gleichen Verhältniffen die geringeren Koften verurfacht.

So z. B. wurde bei der Gründung gewiffer Teile des neuen Reichstagshaufes in Berlin durch eingehende Koftenberechnung das zweckmäfsigfte Verfahren ermittelt. 1 Quadr.-Meter Betongründung unmittelbar auf dem 4,5 bis 5,0 m unter N. W. lagernden feften Kies berechnete fich zu rund 86 Mark, die Herftellung eines Betonpfahlroftes, einfchl. der Koften für die Wafferhaltung, zu rund 58 Mark; bei erfterer wäre noch hinzugekommen, dafs ein Erdkörper von etwa 2000 qm Grundfläche und 4,5 bis 5,0 m Tiefe im Waffer auszuheben gewefen wäre, was einen bedeutenden Aufwand an Zeit und Geldmitteln erfordert haben würde. Die Gründung mittels Betonpfahlroft wurde deshalb vorgezogen[206]).

Die Koften der einen oder anderen Gründungsweife können unter Umftänden auch dann ausfchlaggebend fein, wenn die verfügbaren Geldmittel fehr befchränkt find; man wird häufig das billigere Gründungsverfahren wählen, wenn dasfelbe auch weniger folide als ein anderes, leider teuereres ift.

Da, wie im vorftehenden Kapitel gezeigt wurde, eine grofse Zahl von Faktoren und Einflüffen auf die Konftruktion und Ausführung eines Fundaments einwirken, da, wie das umftehende Schema zeigt, auch die Zahl der verfchiedenen Gründungsverfahren eine nicht geringe ift, fo find auch die abfoluten Koften der Fundamente fehr verfchieden. Leider liegen brauchbare Angaben darüber nur in geringem Mafse vor.

---

204) Dasfelbe ift zum Teile dem im »Deutfchen Bauhandbuch« (III. Teil. Berlin 1879. S. 26) von *Franzius* aufgeftellten Schema nachgebildet.

205) Die häufig vorkommende Einteilung in natürliche und künftliche Gründung wurde, da fie jeder fachgemäfsen Grundlage entbehrt, hier nicht weiter beachtet.

206) Näheres in: Der Bau des Reichstagshaufes in Berlin. Centralbl. d. Bauw. 1885, S. 25.

<table>
<tr><th rowspan="2">Baugrund:</th><th rowspan="2">Waſſer nicht vorhanden.</th><th colspan="2">Waſſer vorhanden als:</th><th rowspan="2">Waſſer vorhanden, aber nicht auszuſchöpfen.</th></tr>
<tr><th>Grundwaſſer.</th><th>offenes Waſſer, welches ſich ausſchöpfen läſst.</th></tr>
<tr><td rowspan="4">in geringer Tiefe feſt.</td><td rowspan="4">Unmittelbare Ausführung des Fundamentmauerwerkes auf dem feſten Baugrund.</td><td>1) Abgraben der lockeren Bodenſchicht, Ausſchöpfen des Waſſers und</td><td>1) Herſtellung einer waſſerfreien Baugrube, Abgraben der lockeren Bodenſchicht und</td><td rowspan="4">1) Steinſchüttung.
2) Betonſchicht (durch Verſenken ohne Waſſerſchöpfen hergeſtellt).</td></tr>
<tr><td colspan="2">a) Ausführung des vollgemauerten Fundaments;</td></tr>
<tr><td>b) Ausführung einzelner maſſiv gemauerter Fundamentpfeiler mit Erdbogen.</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">2) Schwache Betonſchicht zur Dichtung der Quellen.</td></tr>
<tr><td>in erreichbarer Tiefe feſt.</td><td>Abgraben der lockeren Bodenſchichten und
1) Ausführung des vollgemauerten Fundaments;
2) Ausführung einzelner maſſiv gemauerter Fundamentpfeiler, ohne oder mit Erdbogen;
3) Betonſchicht.</td><td>Abgraben der lockeren Bodenſchichten bis unter den Grundwaſſerſpiegel und
a) tief liegender Pfahlroſt;
b) Betonſchicht zur Dichtung der Quellen
(mit oder ohne Waſſerſchöpfen).</td><td>1) Herſtellung einer waſſerfreien Baugrube und tief liegender Pfahlroſt;
2) hoch liegender Pfahlroſt;
3) Gründung mittels eiſerner Schraubenpfähle.</td><td>1) Hoch liegender Pfahlroſt;
2) Baggerung und
a) Steinſchüttung,
b) Betonverſenkung.
3) Senkbrunnen;
4) Senkröhren.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">nicht in erreichbarer Tiefe feſt.</td><td rowspan="3">1) Verbreiterung des Mauerwerkes;
2) breite Betonſchicht;
3) trockene Steinpackung;
4) Sandſchüttung;
5) umgekehrte Gewölbe.</td><td>Abgraben der lockeren Bodenſchicht auf angemeſſene Tiefe, jedenfalls bis unter den niedrigſten Grundwaſſerſpiegel,
1) Ausſchöpfen des Waſſers und</td><td>1) Herſtellung einer waſſerfreien Baugrube, Abgraben der lockeren Bodenſchicht in angemeſſene Tiefe und</td><td rowspan="3">Belaſtung des Baugrundes um das Fundament herum und
1) Senkbrunnen,
2) Senkröhren.</td></tr>
<tr><td colspan="2">a) Schwellroſt,
b) Sandſchüttung,
c) breite Betonlage,
d) Pfahlroſt oder Pfähle zur Dichtung des Baugrundes,</td></tr>
<tr><td>e) umgekehrte Gewölbe,
f) Steinpackung;
2) breite Betonſchicht ohne Waſſerſchöpfen.</td><td>2) hoch liegender Pfahlroſt;
3) Gründung mittels eiſerner Schraubenpfähle.</td></tr>
<tr><td>Bemerkungen:</td><td>Holz nicht zu verwenden.</td><td colspan="2">Holz unter Waſſer zuläſſig; genaue Arbeit möglich.</td><td>Holz unter Waſſer zuläſſig; weniger genaue Arbeit.</td></tr>
</table>

In den von *Endell & Frommann*, bezw. *Wiethoff*[207]) veröffentlichten »Statiftifchen Nachweifen, betreffend die vollendeten und abgerechneten Preufsifchen Staatsbauten« find auch die Koften der »künftlichen Fundierungen« für 1 qm überbauter Grundfläche angegeben. Da indes die Angaben über die Gründungstiefen fehlen, fo find Koftenvergleiche nicht gut anzuftellen. Geeigneter hierzu wären Angaben über den Preis für 1 cbm Gründungsbau (überbaute Grundfläche × Gründungstiefe), weil die Koften von der Gründungstiefe in hohem Mafse abhängig find; allerdings kommt der Einflufs der lelzteren im angewandten Gründungsverfahren einigermafsen zum Ausdruck.

Im folgenden wird mehrfach Gelegenheit fein, der Koften der verfchiedenen Fundamentkonftruktionen Erwähnung zu thun.

---

207) In: Zeitfchr. f. Bauw. (Auch als Sonderabdruck erfcheinend.)

III. Teil, 2. Abteilung:
FUNDAMENTE.

2. Abſchnitt.

Aufgebaute Fundamente.

Für die aufgebauten Fundamente iſt kennzeichnend, daſs ſie faſt ſtets das Herſtellen einer Baugrube erfordern, auf deren Sohle das Fundament unmittelbar (von unten nach oben) zur Ausführung kommt. Nur in ſehr ſeltenen Fällen kann vom Ausſchachten einer Baugrube abgeſehen werden; denn es iſt nur bei ſehr wenigen zu Tage liegenden, vollkommen widerſtandsfähigen Felsarten zuläſſig, ein Bauwerk unmittelbar darauf zu ſetzen. Das im Hochbauweſen am häufigſten angewendete Gründungsverfahren beſteht vielmehr darin, daſs man die oberen, lockeren Bodenſchichten abgräbt und auf dieſe Weiſe einen Baugrund zu erreichen trachtet, der vollkommen tragfähig oder doch ſo widerſtandsfähig iſt, daſs man durch eine geeignete Fundamentkonſtruktion unmittelbar darauf gründen kann; in manchen Fällen (bei groſser Gründungstiefe, z. B. tief gelegenen Keller- etc. Räumen) iſt man genötigt, auch noch einen Teil der tragfähigen Bodenſchicht auszuheben. 391. Ueberſicht.

Die Sohle einer derart hergeſtellten Baugrube muſs eine Geſtalt und Lage erhalten, welche der Form und Lage der Fundamentbaſis entſpricht (vergl. Art. 371 u. 372, S. 300 bis 302); auf der Sohle der Baugrube wird das Fundament »aufgebaut«, daher die im vorliegenden gewählte Bezeichnung »aufgebaute Fundamente«.

Dieſe Gründungsweiſe iſt den anderen Verfahren unbedingt vorzuziehen, weil ſie geſtattet, die Beſchaffenheit des Bodens in allen Einzelheiten kennen zu lernen, die Sohle der Baugrube zu ebnen und zu reinigen und darauf das Fundament mit der erforderlichen Sorgfalt herzuſtellen. Am vorteilhafteſten iſt es hierbei, die Baugrube in ſolcher Tiefe auszuheben, daſs ihre Sohle durch eine vollkommen tragfähige Bodenſchicht gebildet wird; alsdann läſst ſich auf derſelben ohne weiteres die Fundamentmauerung ausführen, wodurch gemauerte Fundamente entſtehen. Dieſem Verfahren giebt man mit Recht den Vorzug vor anderen. Iſt es mit Rückſicht auf die Koſten oder aus anderen Gründen nicht ſtatthaft, ein durchgehendes (volles) Fundamentmauerwerk auszuführen, ſo trachtet man, wenigſtens einzelne Fundamentpfeiler auf den tragfähigen Baugrund zu ſetzen.

Kann man jedoch mit der Aufſtandfläche des Fundaments nicht auf eine genügend widerſtandsfähige Bodenſchicht herabgehen, ſo ſind entweder geſchüttete oder Schwellroſtfundamente zur Ausführung zu bringen; zu erſteren gehören die aus Beton- und die aus Sandſchüttungen gebildeten Fundamente.

Vorſtehend wurde im weſentlichen die Gründung von Bauwerken berückſichtigt, die auf der feſten Erdoberfläche zu errichten ſind. Für Bauwerke, die am oder im

offenen Waffer ausgeführt werden follen, wird die Baugrube durch geeignete Umfchliefsungswände begrenzt und auch innerhalb diefer die allenfalls vorhandene lockere Bodenfchicht befeitigt, um auf ganz tragfähigem oder doch genügend widerftandsfähigem Baugrund unmittelbar gründen zu können.

Auch bei den verfenkten Fundamenten wird nicht felten die Herftellung einer Baugrube erforderlich; doch reicht alsdann die Sohle der letzteren niemals bis auf die tragfähige Schicht, und das Fundament wird auch nicht auf diefer Sohle von unten nach oben aufgebaut.

Im vorliegenden Abfchnitt wird zunächft die Herftellung der Baugrube befprochen und alsdann zur Vorführung der verfchiedenen Arten von aufgebauten Fundamenten gefchritten werden.

---

1. Kapitel.

Baugrube.

a) Baugrube im Trockenen.

392. Fundamentgräben und Baugrube.

Wenn die Fundamente eines Gebäudes ausgeführt werden follen, fo werden entweder blofs die für die Aufsen- und Innenwände desfelben erforderlichen Baugruben ausgehoben, wodurch letztere in die fog. **Fundamentgräben** übergehen. Oder es werden, falls unter dem Gebäude Keller oder andere unterirdifche Räume vorhanden fein follen, auch für diefe die Ausfchachtungen vorgenommen, fonach eine einzige grofse Baugrube gebildet. In diefem Falle wird zunächft die Baugrube bis zur Sohle der anzuordnenden unterirdifchen Räume ausgehoben, und erft innerhalb diefer werden die Fundamentgräben ausgefchachtet.

Diefes Verfahren darf nicht Anwendung finden, wenn das zu errichtende Gebäude unmittelbar an fchon beftehende Gebäude ftöfst und der Beftand der letzteren durch das Ausheben der grofsen Baugrube gefährdet würde. In folchen Fällen find zunächft nur die Fundamentgräben für jene Mauern auszufchachten, die winkelrecht zum Nachbargebäude gerichtet find; durch fofortige Ausführung der betreffenden Grundmauern wird die Verftrebung der Nachbargebäude bewirkt.

Eine einheitliche Baugrube wird auch dann zur Ausführung gebracht, wenn es fich um die Gründung von Bauwerken handelt, die gröfsere gefchloffene Maffen bilden, wie Gedächtnisfäulen, Obeliske, monumentale Brunnen und andere Denkmäler.

393. Abmeffungen und Querfchnitt.

Die Tiefe der Baugruben, bezw. der Fundamentgräben ift durch die Bodenbefchaffenheit und durch die Fundamentkonftruktion bedingt; fie ergiebt fich aus den in Art. 382 (S. 312) entwickelten Grundfätzen. Die wagrechten Abmeffungen gröfserer Baugruben übertreffen in der Regel die Grundrifsmafse des zu gründenden Bauwerkes. Um die Grundrifsfigur des letzteren wird meift ein Umgang gebildet, der mindeftens fo breit ift, dafs darauf ein Mann ftehen kann, alfo mindeftens 30, beffer 50 cm; bei gröfseren Gründungen wird bisweilen an einer oder auch an zwei Seiten ein Umgang angeordnet, der auch zur Lagerung und Fortbewegung verfchiedener Materialien zu dienen hat und dann eine Breite von $1{,}00$ bis $1{,}50$ m erhält.

Die Fundamentgräben erhalten häufig keine gröfsere Sohlenbreite als fie durch die Breite der Fundamentbafis und durch die von der Zimmerung beanfpruchte Breite bedingt ift.

Der Rauminhalt der auszufchachtenden Bodenmaffen ift am geringften, wenn die Wandungen der Baugrube lotrecht find. Bei geringer Tiefe und fefterem Erdreich läfst fich eine derartige Begrenzung ohne weiteres erzielen; fonft mufs eine

Zimmerung zu Hilfe genommen werden. Letztere erzeugt nicht felten grofse Koften, fo dafs es unter Umftänden billiger fein kann, wenn man die Baugrube mit geböfchten Wandungen aushebt; eine vergleichende Koftenberechnung ift in der Regel ausfchlaggebend, den Fall ausgenommen, dafs es überhaupt unzuläffig ift, die Baugrubenwandungen anders als lotrecht herzuftellen.

Der letztgedachte Fall tritt namentlich bei ftädtifchen Bauten ein, wo durch Lagerung des ausgegrabenen Bodens, der Baumaterialien, durch Gerüfte etc. fchon fo viel Raum in Anfpruch genommen wird, dafs von geböfchten Grubenwandungen kaum die Rede fein kann.

1) Baugruben ohne Zimmerung.

Fefter Felfen, feft gelagertes Gerölle etc., kurz aller Boden, der in Art. 342 (S. 286) als »fehr gut« und als »gut« bezeichnet worden ift, kann in lotrechter Begrenzung abgefprengt, bezw. abgegraben werden. Auch etwas loferer (»ziemlich guter«) Boden bleibt auf geringe Tiefen lotrecht anftehen; insbefondere ift dies häufig bei den Fundamentgräben der Fall, die innerhalb der erfchloffenen Baugrube noch befonders ausgehoben werden und meift eine nur geringe Tiefe erhalten (Fig. 676). 394. Baugruben ohne Zimmerung.

Fig. 675.

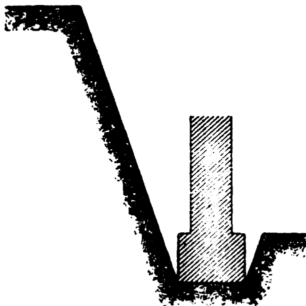
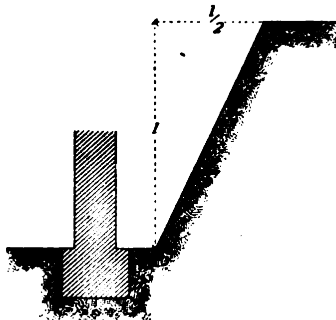
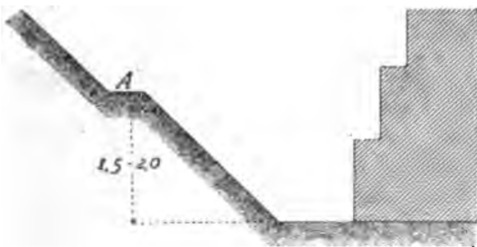


Fig. 676.



Bei gröfserer Tiefe und bei noch lockererem (»fchlechterem«) Boden werden die Gruben-, bezw. Grabenwandungen geböfcht ausgeführt (Fig. 675); die Böfchung wird, um an Ausfchachtungsmaffe zu fparen, möglichft fteil angelegt. Hat der abzugrabende Boden einigen Zufammenhang und ift die Tiefe keine zu grofse, fo genügt in der Regel eine halbmalige[208]) Böfchung (Fig. 676); fehr tiefe Baugruben und Fundamentgräben in leicht beweglichem Erdreich erhalten ein-, anderthalbmalige, felbft noch flachere Böfchungen (Fig. 677). Die geböfchten Wandungen tiefer Baugruben erhalten in lotrechten Abftänden von 1,50 bis 2,00 m wagrechte Abfätze *A* (Fig. 677), welche Bermen, Bänke oder Bankette heifsen; diefelben vermehren die Haltbarkeit der Böfchungen; von oben herabfallende Erdteilchen werden dafelbft aufgehalten; auch werden fie zur Lagerung und zur Fortbewegung von Materialien benutzt. Derlei Bermen follten nicht weniger als 40 bis 50 cm Breite erhalten.

Fig. 677.





208) Die Bezeichnungen halbmalig, dreiviertelmalig, einmalig, fünfviertelmalig, anderthalbmalig etc. geben bei den Böfchungen der Erdkörper das Verhältnis $\frac{a}{l}$ (fiehe nebenftehende Figur) oder die Kotangente des Böfchungswinkels α an.

2) Baugruben mit Zimmerung.

395. Baugruben mit Zimmerung. Soll eine Baugrube mit lotrechten Wandungen in einem Boden hergeftellt werden, der ohne Stützung in folcher Begrenzung nicht ftehen bleibt, fo mufs eine fog. Zimmerung, Abfteifung, Abfpreizung oder Bölzung der Grubenwandungen vorgenommen werden. Diefelbe wird in Holz ausgeführt und befteht im wefentlichen darin, dafs man an das zu ftützende Erdreich eine Verfchalung oder Bekleidung aus ftärkeren Brettern oder Bohlen legt und diefe durch weitere Hölzer entfprechend ftützt. Die Schalbohlen können wagrecht oder lotrecht gelegen fein; hiernach foll im folgenden zwifchen wagrechter und lotrechter Zimmerung unterfchieden werden.

Eine gute Baugrubenzimmerung foll folgende Bedingungen erfüllen:

α) Die Zimmerung foll fo feft fein, dafs fie dem in und neben der Baugrube befchäftigten Perfonal die nötige Sicherheit gewährt.

β) Die Zimmerung foll möglichft wenig Holz erfordern, nicht nur, damit fie thunlichft geringe Koften erzeugt, fondern auch aus dem Grunde, um den Raum in der Baugrube thunlichft wenig zu verengen.

γ) Um die zur Zimmerung dienenden Hölzer fpäter anderweitig verwenden zu können, follen fie möglichft wenig behauen und gefchnitten, überhaupt möglichft wenig bearbeitet werden.

δ) Die Schalbohlen follen, foweit als thunlich, nur mit der Hand einzufetzen fein.

ε) Die verfchiedenen Zimmerungshölzer follen nach dem Gebrauch fich leicht entfernen laffen; beim Befeitigen derfelben foll der anftehende Boden nicht zufammenbrechen.

ζ) Die Zahl der erforderlichen Holzforten foll eine möglichft geringe fein.

396. Wagrechte Zimmerung. α) Wagrechte Zimmerung. Handelt es fich um die Zimmerung einer ausgedehnten Baugrube, fo werden vor die Wandungen derfelben in Abftänden von 1,25 bis 2,00 m Pfähle *p* (Fig. 678) in den Boden gefchlagen, hinter welche man die Schalbohlen *b* legt und die letzteren mit Erde hinterfüllt. Je gröfser der Erddruck

Fig. 678.



Fig. 679.

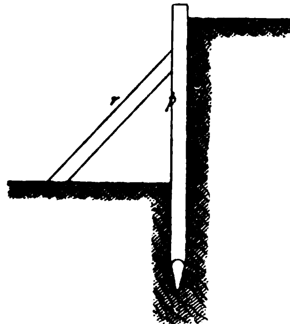
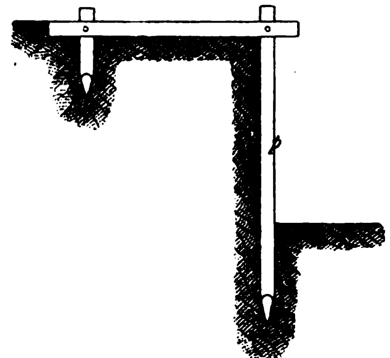


Fig. 680.



ift, auf eine defto gröfsere Tiefe find die Pfähle einzurammen; erforderlichenfalls ftützt man fie durch Streben *r* (Fig. 679) oder verankert fie nach rückwärts, wie dies aus Fig. 680 erfichtlich ift. Die Stöfse der Schalbohlen müffen auf einen Pfahl treffen; noch beffer ift es, die Bohlen nicht aneinander ftofsen, fondern einander übergreifen zu laffen. Letzteres empfiehlt fich namentlich dann, wenn der zu ftützende Boden feinkörnig, nafs und leicht beweglich ift, fo dafs er unter Umftänden aus den Fugen herausquillen würde. In einem folchen Falle werden auch die wagrechten Fugen zwifchen den übereinander liegenden Schalbohlen durch befondere Leiften gedeckt.

Wenn enge und langgeſtreckte Baugruben, bezw. Fundamentgräben gezimmert werden ſollen, ſo ändert man den eben beſchriebenen Vorgang dahin ab, daſs man die zwei entgegengeſetzten Wandungen wechſelſeitig gegeneinander abſteift; alsdann iſt das Einſchlagen von Pfählen nicht mehr erforderlich.

Fig. 681.

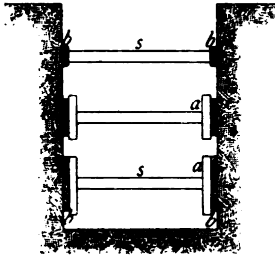
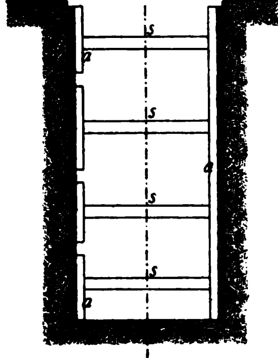
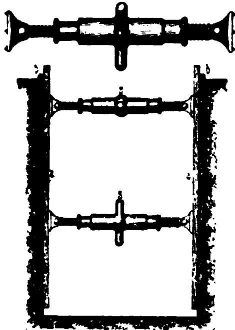


Fig. 682. Fig. 683.



Bisweilen iſt der Boden ſo haltbar, daſs es genügt, nur an einzelnen Stellen Schalbohlen *b* (Fig. 681) an das Erdreich anzulegen und durch Steifen oder Spreizen *s* an dasſelbe anzudrücken; hierbei wird man, dem wachſenden Erddruck entſprechend, die Zahl der Bohlen und Steifen nach unten zunehmen laſſen. Bei lockerem Boden müſſen beide Grubenwände vollſtändig verſchalt werden (Fig. 682 u. 683). Um den Druck, den mehrere übereinander gelegene Bohlen *b* empfangen, auf eine gemeinſchaftliche Steife *s* zu übertragen, ordnet man in dieſem, wie im vorhergehenden Falle in Abſtänden von 1,50 bis 2,00 m lotrechte Hölzer (Bruſtbohlen) *a* an, zwiſchen denen die Steifen eingezogen werden. Da die Längen der letzteren nicht immer genau paſſen, ſo wird zwiſchen dem einen Hirnende derſelben und dem betreffenden lotrechten Holze wohl auch ein Keil eingetrieben.

Fig. 684.



Abſprieſswinde von *Karl Birmel* zu Freiburg i. B.

Das Eintreiben der Holzſteifen *s*, bezw. der etwa in Anwendung kommenden Keile iſt für gröſsere Baugrubentiefen nicht ganz gefahrlos; noch gröſser iſt die Gefahr beim Entſteifen der Baugrube, alſo beim Herausſchlagen jener Steifen. Man hat deshalb auch ſchon Steifen in Anwendung gebracht, die ganz oder zum gröſsten Teile aus Metall hergeſtellt ſind und die mit Hilfe von Schrauben verlängert oder verkürzt werden können. Fig. 684 zeigt eine ſolche Vorrichtung[209]).

Erwähnt ſeien auch die »Abſteifungsſpreizer«, welche *Otto M. Geſsner* in Annaberg patentiert ſind. Die Spreize beſteht aus ſtarkem ſchmiedeeiſernem Rohr, welches mit einer Zackenkrone verſehen iſt; mittels Gewindeſpindel und Kugelbewegung ſind leichte, bequeme und ſichere Handhabung, ſowie völlig ſicheres Feſthalten der Schalbohlen ermöglicht.

Die lotrechten Hölzer *a* beſtehen entweder aus mehreren Stücken (Fig. 682) oder für je 4 bis 5 Schalbohlen aus einem einzigen Stück (Fig. 683); letzteres iſt für beſonders ſtarke Zimmerungen zu empfehlen. Indes können beim Ausſchachten der Baugrube die Steifen *s* und die lotrechten Hölzer *a* nicht ſofort in die durch die obenſtehenden Abbildungen veranſchaulichte Lage gebracht werden; denn es würde ſonſt nicht möglich ſein, unterhalb einer ſchon verlegten Schalbohle eine weitere anzubringen. Deshalb müſſen während der Grabearbeit die Steifen nur vorläufig eingeſetzt werden; die lotrechten Hölzer werden erſt ſpäter angebracht.

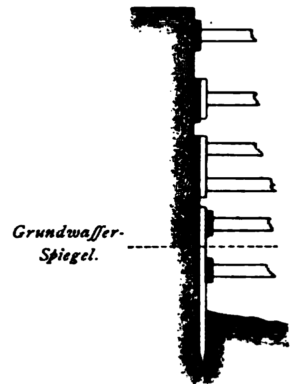
Weder die Steifen *s*, noch die lotrechten Hölzer *a* brauchen ſcharfkantig behauen zu ſein; bei erſteren kann man jede Bearbeitung entbehren; letztere müſſen an zwei Seiten regelmäſsig behauen werden. Die Schalbohlen *b* erhalten 4 bis 6 cm

---

209) Ueber ſolche Vorrichtungen ſiehe: Haupt, G. Abſteifen und Entſteifen tiefer Baugruben durch Schrauben. Deutſche Bauz. 1886, S. 153. — Vorrichtung zum Feſtſpannen der Spreizen bei Bodenausſchachtungen. Baugwks.-Ztg. 1897, S. 1602.

Dicke; nicht felten läfst man ihre Dicke von oben nach unten zunehmen. Die Steifen *s* erhalten, je nach der geringeren oder gröfseren Breite der Baugrube, 12 × 12 bis 15 × 15 cm Querfchnittsabmeffung. Für die lotrechten Hölzer *a* verwendet man entweder Bohlen von der eben angegebenen Dicke oder, bei bedeutenderem Drucke, Hölzer von 8 bis 10 cm Dicke.

Fig. 685.

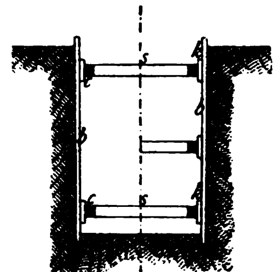


In folcher Weife laffen fich Baugruben von ziemlich grofser Tiefe (bis 8 m) auszimmern, wenn das Grundwaffer nicht hindernd entgegentritt. Zeigen fich beim Ausfchöpfen desfelben Schwierigkeiten, fo wird das Anbringen weiterer Schalbohlen erfchwert, bei fehr ftarkem Wafferandrang fogar unmöglich gemacht. Alsdann wird die wagrechte Zimmerung nur bis etwas über den Grundwafferfpiegel fortgefetzt, und von hier aus werden lotrecht und dicht nebeneinander geftellte Bohlen in den Boden eingetrieben, fonach eine lotrechte Zimmerung angewendet (Fig. 685).

397. Lotrechte Zimmerung.

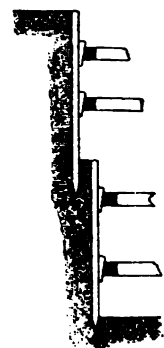
β) Lotrechte Zimmerung. Diefe kommt hauptfächlich nur für engere Baugruben, bezw. für Fundamentgräben in Anwendung. Die lotrecht geftellten Schalbohlen *b* (Fig. 686) werden, je nach der Gröfse des Erddruckes, in Zwifchenräumen oder dicht nebeneinander angeordnet; fie werden in demfelben Mafse durch Hammerfchläge nachgetrieben, als die Ausfchachtung der Baugrube nach der Tiefe fortfchreitet. Der Druck der Schalbohlen wird auf Gurthölzer *c* übertragen, zwifchen welche die Steifen *s* eingefetzt werden. Mindeftens find zwei Reihen von Gurthölzern erforderlich, die eine oben, die andere unten; längere Schalbohlen werden nachträglich noch durch Zwifchengurte gegen Ausbauchen gefchützt (Fig. 687). Keile *k* dienen zur kräftigeren Abfteifung der Schalbohlen gegen die Gurthölzer.

Fig. 686. Fig. 687.



Ift die Baugrube fehr tief und der Boden locker, fo wird der Erddruck fehr grofs und die Reibung zwifchen Grubenwandung und Schalbohle fehr bedeutend. Das Eintreiben der letzteren erfordert alsdann einen grofsen Kraftaufwand; damit die Bohlen den heftigen Hammerfchlägen widerftehen und am Kopfe nicht zerfpalten, ift es angezeigt, den letzteren mit einem Eifenring zu umgeben. Auch empfiehlt es fich, die Keile *k* etwas zu lüften, fobald die Bohlen nachgetrieben werden follen.

Fig. 688.



Auch hier ift es nicht notwendig, Steifen und Gurthölzer fcharfkantig zu behauen; erftere erhalten diefelben Querfchnittsabmeffungen, wie im vorhergehenden Falle, die letzteren 10 bis 12 cm Dicke. Die Bohlen werden je nach der Tiefe der Baugrube 4 bis 6 cm ftark gewählt und in Längen von 2,00 bis 2,05 m angewendet. Bei gröfserer Grubentiefe wird unter die erfte Bohlenreihe noch eine zweite Bohlenreihe mit neuen Gurthölzern, wenn nötig noch eine dritte etc. Reihe angeordnet. Damit die Grube nach unten zu nicht enger werde, ift jede neue Bohlenreihe fchräg zu führen (Fig. 688).

Eine derartige Baugrubenzimmerung wird befonders fchwierig, wenn die Bodenbefchaffenheit wechfelt, wenn man unter die Fundamentfohle benachbarter Gebäude zu gehen hat, wenn viel Waffer zu

bewältigen ift, wenn neben der Baugrube Gegenftände fich im Boden befinden, welche gegen jede, felbft noch fo geringe Bewegung zu fchützen find, wie Steinzeugrohre etc.[210]).

Handelt es fich um die Zimmerung enger und fehr tiefer Baugruben, fo übergeht die vorftehend befchriebene Grubenzimmerung in die im Berg- und Tunnelbau übliche Schachtzimmerung[211]).

Ift eine Baugrube in ftark naffem und leicht beweglichem Boden, der unmittelbares Wafferfchöpfen nicht geftattet, herzuftellen, fo treibt man ftatt der Schalbohlen ftärkere Spundbohlen oder -Pfähle ein; wenn notwendig erhöht man die durch die Spundung hervorgebrachte Dichtung noch durch einen Thonfchlag etc.

γ) Ein Vergleich beider Zimmerungsverfahren ergiebt für die wagrechte Zimmerung folgende Vorteile: 398. Vergleich der Zimmerungen.

a) Man ift in den Längenabmeffungen der Hölzer nur wenig befchränkt.

b) Die Schalbohlen leiden nicht fo fehr, wie bei der lotrechten Zimmerung (infolge der Hammerfchläge).

c) Man kann in einfacher Weife, dem mit der Tiefe zunehmenden Erddrucke entfprechend, die Zimmerung nach unten an Stärke zunehmen laffen.

d) Die wagrechte Zimmerung kommt unter gewöhnlichen Verhältniffen bei engen und langgeftreckten Baugruben von nicht zu grofser Tiefe billiger zu ftehen, als die lotrechte Zimmerung.

e) Erftere verdient bei ausgedehnteren Baugruben, bei denen fich nicht eine Wand gegen die andere abfteifen läfst, unbedingt den Vorzug; die lotrechte Zimmerung läfst fich in einem folchen Falle nicht einfach genug in Anwendung bringen.

Dagegen zeigt die lotrechte Zimmerung nachftehende Vorteile:

a) Diefelbe läfst fich nach unten, namentlich bei gröfseren Tiefen, leicht fortfetzen.

b) Sie erzeugt, befonders im unteren Teile, infolge der kleineren Zahl von Steifen, eine geringere Einengung des Raumes in der Baugrube, wodurch der Verkehr erleichtert wird.

c) Man kann jede Schalbohle durch einen Keil befonders an das Erdreich andrücken.

d) Selten geht eine oder die andere Schalbohle dadurch verloren, dafs fie fich aus dem Grunde nicht mehr herausziehen läfst.

e) Starker Grundwafferandrang ift weniger ftörend, wie bei der wagrechten Zimmerung.

In allen Fällen, wo man es mit befonders naffem und lockerem Boden und mit Baugruben von geringer Länge zu thun hat, ift die wagrechte Zimmerung der lotrechten vorzuziehen.

3) Ausfchachtung und Trockenlegung.

Die Löfung des auszuhebenden Bodens gefchieht meift mittels Grabearbeit, bei feftem Geftein mittels Sprengarbeit; die Einzelheiten diefer Bodengewinnung find in Teil I, Band 5 (Abt. 6: Bauführung) diefes »Handbuches« behandelt worden. Die Befeitigung der gelöften Bodenmaffen aus der Baugrube gefchieht meift mittels Schaufelwurf; bei gröfserer Tiefe (über 2 m) wird ein Umwerfen erforderlich, wozu 399. Ausfchachtung.

210) Ein zweckmäfsiges Zimmerungsverfahren für folche Fälle teilt *Manck* mit in: Deutfche Bauz. 1871, S. 227.

211) Ueber den bergmännifchen Ausbau von Schächten vergl.:

RZIHA, F. Lehrbuch der gefammten Tunnelbaukunft. Band 2. Berlin 1872. S. 426.
SERLO, A. Bergbaukunde. 2. Aufl. Band 1. Berlin 1873. S. 289.
SICKEL, C. A. Die Grubenzimmerung. Abth. 2: Schachtzimmerung etc. Freiberg 1873.
SCHOEN, J. G. Der Tunnel-Bau. 2. Aufl. Wien 1874. S. 133.

Zwifchengerüfte oder Bühnen notwendig find, wenn nicht die fchon erwähnten Bermen dazu verwendet werden. Bei Tiefen, die etwa 4 bis 6 m überfchreiten, wird das Emporfchaffen mittels Eimer und Hafpelwelle vorteilhafter. Auch über die Erdbewegung ift in der »Bauführung« das Nähere zu finden.

400. Trockenlegung etc.

Tritt in die Baugrube kein Waffer ein, fo kommt zur Löfung und Befeitigung der Bodenmaffen erforderlichenfalls nur noch die Zimmerung der Baugrube hinzu. Reicht jedoch die Ausfchachtung unter den Grundwafferfpiegel, fo ift als vierte Arbeit noch das Trockenlegen der Baugrube in Betracht zu ziehen. Diefe Arbeit ift nur dann entbehrlich, wenn man die Löfung des Bodens mittels Baggervorrichtungen unter Waffer vornimmt; doch kommt dies im Hochbauwefen verhältnismäfsig felten vor.

Das Trockenlegen der Baugrube gefchieht in folgender Weife:

α) Man gräbt um die Bauftelle eine Rinne, in welche das Waffer während der Arbeit abfliefst.

β) Man legt neben der Baugrube Brunnenfchächte an, und zwar nach der Richtung hin, von welcher die Wafferadern zuftrömen; in diefen Schächten wird der Wafferfpiegel fo tief abgefenkt, dafs er unter der Sohle der Baugrube gelegen ift; man fchafft durch diefes Mittel nicht nur eine trockene, fondern auch eine fefte Baugrube.

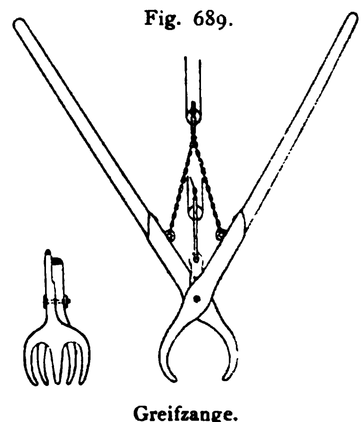
Man hat zum gleichen Zwecke auch fchon eine gröfsere Zahl von Rohrbrunnen zur Ausführung gebracht [212].

γ) Man fchöpft das Waffer mittels Pumpen oder anderer Wafferfchöpfmafchinen aus. Bei diefer Arbeit ftellt man häufig auf der Sohle der Baugrube noch eine kleine Grube, den fog. Sumpf her, aus dem das Schöpfwerk das Waffer unmittelbar hervorholt.

Man erreicht durch Anlage eines Sumpfes den Vorteil, dafs man die Sohle der Baugrube ganz wafferfrei machen kann und dafs fich darin die groben Verunreinigungen des zu fchöpfenden Waffers ablagern. Indes erweifen fich folche Sümpfe nicht immer zweckmäfsig; man fchafft häufig durch derartige Vertiefungen dem Zudrange des Waffers ein befonders günftiges Gefälle, und es wird eine grofse Gefchwindigkeit erzeugt. Hierdurch wird nicht felten das Aus- und Unterwafchen des fpäter herzuftellenden, gemauerten oder betonierten Fundamentkörpers eingeleitet. Man mufs deshalb, falls man einen Sumpf anlegt, folche Stellen vermeiden, durch deren Vertiefung man dem Grundwaffer einen befonders kräftigen Zutritt verfchaffen würde.

Befondere Vorficht erfordert das Trockenlegen der Baugrube in kiefigem und fandigem Boden; da folches Bodenmaterial ftark durchläffig ift, fo dringt das Waffer bisweilen um fo heftiger nach, je kräftiger man fchöpft. Auch wird Sand- und feiner Kiesboden durch den andauernden Wafferzutritt merklich gelockert; grober Kiesboden leidet darunter nicht; feiner Sand wird in Triebfand verwandelt.

Fig. 689.



Greifzange.

In folchen Fällen mufs die Dichtung der Baufohle mittels einer Betonfchicht vorgenommen werden; wird auch für die Seitenwände der Baugrube eine Dichtung erforderlich, fo fchlage man Spundwände. Auch das Kalfatern der Fugen zwifchen

212) Siehe: Bretschneider. Abfenken des Grundwafferfpiegels mittels Rohrbrunnen. Centralbl. d. Bauverw. 1898, S. 73, 88 — ferner: Kreuter, F. Ein neues Verfahren zur Trockenlegung von Baugruben. Centralbl. d. Bauverw. 1895, S. 543.

Fig. 690.

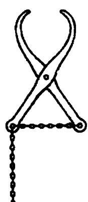
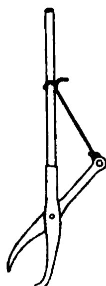


Fig. 691.



Grundzangen.

den Schalbohlen der Grubenzimmerung ift mit Erfolg in Anwendung gekommen.

In manchen Fällen zeigen fich in der Baugrube einzelne Quellen; man trachte diefelben zu verfchliefsen, bezw. unfchädlich zu machen, teils um an Wafferfchöpfen zu fparen, teils um das Auflockeren des Bodens zu verhüten.

Mittel hierzu find:

α) Man ermittelt den Lauf der Quelle und fängt diefelbe an einem oberhalb gelegenen Punkte ab.

β) Man verftopft die Quelle, am einfachften durch Einfchlagen eines hölzernen Pfahles; diefes Mittel hat nicht immer den erwünfchten Erfolg, namentlich nicht in ftark durchläffigem Boden, weil infolge des erhöhten Druckes das Waffer fich einen anderen Weg fucht; an einer anderen Stelle entfteht eine neue Quelle.

γ) Man fperrt die Quelle durch eine dichtende Betonfchicht ab.

δ) Man treibt ein eifernes Rohr von entfprechender Höhe in die Quelle; das Waffer der letzteren fteigt im Faffungsrohr empor, wenn gehöriger Druck vorhanden ift, fogar über den Grundwafferfpiegel.

Bisweilen müffen aus der Baugrube gröfsere Steine, Baumftämme, Pfähle etc. unter Waffer hervorgeholt werden.

Baumftämme und Pfähle werden am beften mittels Ketten hervorgeholt; das Faffen derfelben gefchieht dadurch, dafs man die Kette mit einer Leine unter dem Stamm hindurchzieht; letztere wird mittels eines mit langem Stiel verfehenen eifernen Bügels durchgefteckt. Für kleinere Stämme verwendet man lange Holzfchrauben, an denen die Kette befeftigt ift und die von oben eingefchraubt werden.

Gröfsere Steine werden mittels der Teufelsklaue oder Greifzange (Fig. 689) gehoben; zum Hervorholen kleinerer Gegenftände dient die Grundzange, die entweder mittels Kette (Fig. 690) oder mittels Stiel (Fig. 691) gehandhabt wird.

Der Wolf, der zum Verfetzen von Quadern dient, kann für das Heben von Steinen gleichfalls Verwendung finden; fehr grofse Steine zerkleinert man wohl auch zunächft durch Sprengen mittels Pulver oder Dynamit.

b) Baugrube am und im Waffer.

Bisweilen find Baugruben auszufchachten und trockenzulegen, in deren Nähe fich ein offener Wafferlauf, ein Teich, ein See etc. befindet. Befteht der Erdkörper zwifchen Bauftelle und Waffer aus einem durchläffigen Material, wie Kies, Sand etc., fo würden beim Ausfchöpfen des Waffers aus der Baugrube die im vorhergehenden Kapitel fchon angedeuteten Uebelftände eintreten. Deshalb dichte man in einem folchen Falle jene Seitenwandung der Baugrube, welche dem offenen Waffer zugekehrt ift; am einfachften und vorteilhafteften gefchieht dies durch eine kräftige Spundwand, deren Wafferdichtheit man, wenn dies notwendig werden follte, auch noch durch einen hinter diefelbe zu bringenden Thonfchlag erhöhen kann. 401. Baugrube am Waffer.

Bei Bauwerken, die unmittelbar am Waffer, an einem Flufs, See etc. zu errichten find, wird die Baugrube an drei Seiten durch das anftehende Erdreich zu begrenzen fein, während an der vierten, dem Waffer zugekehrten Seite ein künftlicher Abfchlufs gebildet werden mufs. Derfelbe kann aus einer Spundwand, einer Pfahlwand oder einem Fangdamm beftehen; derlei Wände müffen ftets ein genügendes Stück in den Uferboden hinein fortgefetzt werden, damit das Hinterfpülen derfelben verhütet wird.

Dafs Hochbauten unmittelbar an einem Fluffe, See etc. auszuführen find, ift ein verhältnismäfsig feltener Fall; noch viel feltener kommt es vor, dafs Hochbauten 402. Baugrube im Waffer.

im offenen Waffer felbft errichtet werden follen. Deshalb wird es gerechtfertigt fein, wenn im nachftehenden die Herftellung der Baugrube im Waffer nur in allgemeinen Umriffen behandelt, im übrigen jedoch auf jene Litteratur[213]) verwiefen wird, die fich mit der Gründung der Strombrückenpfeiler und anderer im offenen Waffer zu errichtender Ingenieurbauwerke befchäftigt.

Soll im offenen Waffer eine Baugrube hergeftellt werden, fo ift die Bauftelle durch dichte Umfchliefsungswände nach allen Seiten zu begrenzen. Das Mafs der zu erreichenden Wafferdichtheit hängt davon ab, ob man die Baugrube ausfchöpfen oder ob man nur erzielen will, dafs das in der Baugrube befindliche Waffer keine Strömung hat. Das letztere genügt u. a., wenn man ein Betonfundament unter Waffer ausführen will.

Nach Vollendung des Fundaments werden die Umfchliefsungswände ganz oder zum gröfsten Teile entfernt.

Die Umfchliefsung der Baugrube im Waffer gefchieht, je nach dem Baugrund, dem Bauftoff und der Waffertiefe:

1) Durch Spundwände. Die Konftruktion folcher Wände ift bereits in Art. 154 u. ff. (S. 112 u. ff.) befprochen worden. Es ift nur fchwer möglich, mittels einer Spundwand eine vollkommen wafferdichte Umfchliefsung der Baugrube zu bilden; fie empfiehlt fich deshalb insbefondere für jene Fälle, in denen man Fundamente aus Beton, Betonpfahlroften etc. herzuftellen beabfichtigt.

Soll die Wafferdichtheit einer Spundwand erhöht werden, fo mufs man dies durch wafferdichte Leinwand, durch Ausftopfen der Fugen mit Werg oder Moos, durch Eingiefsen von Zement in die Fugen etc. zu erreichen trachten. Ift der Wafferdruck grofs, fo müffen die Spundwände noch geftützt werden, was entweder durch verftrebte Pfähle oder durch Steinfchüttungen gefchehen kann.

Die Spundwand bleibt mit dem unteren Teile (nachdem der obere Teil abgefchnitten worden ift) häufig als Schutz des Fundamentkörpers gegen Unterwafchen, gegen Ausweichen des Baugrundes etc. ftehen.

Fig. 692. Fig. 693. Fig. 694.



2) Durch Pfahlwände. Bei gröfsere Waffertiefe ift der Wafferdruck fo grofs, dafs Spundwände nicht mehr die nötige Standfeftigkeit haben; alsdann werden fie durch 25 bis 30 cm ftarke Pfahlwände (Fig. 692 bis 694) erfetzt. Die Pfähle erhalten an der Langfeite keine Spundung; daher ift die Wafferdichtheit einer folchen Wand noch geringer, als bei der Spundwand. Die Dichtung wird mit den gleichen Mitteln, wie vorher, erzeugt.

3) Durch Erddämme. Ift man im Raume nicht befchränkt und ift die Waffertiefe nicht grofs, fo kann man die Baugrube mit Erddämmen umfchliefsen. Der Grad der Wafferdichtheit ift nicht bedeutend; man kann diefelbe vermehren, wenn man eine Stülpwand (fiehe Art. 185, S. 137) errichtet und die Erde gegen diefe fchüttet.

Ueberfteigt die Waffertiefe etwa 1 m, fo fchlägt man rings um die Bauftelle Pfahlreihen (lotrecht oder auch fchräg) ein, überdeckt diefelben durch Holme und lehnt gegen diefelben eine Bretter- oder Bohlenwand. Gegen die letztere kommt die Erdfchüttung zu liegen.

---

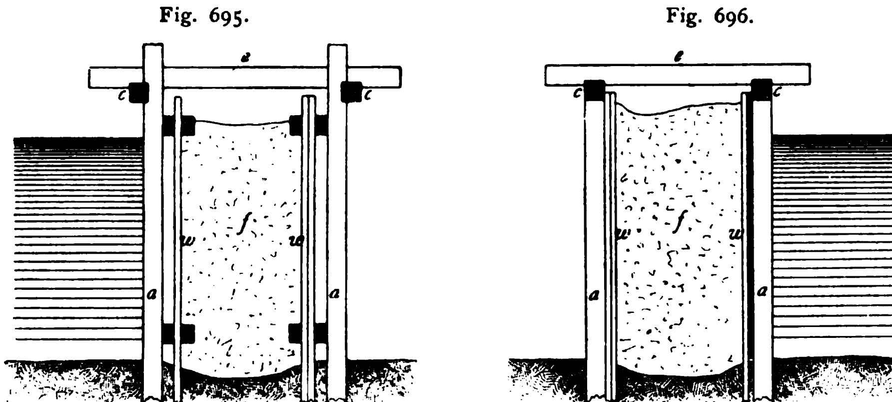
213) SCHWARZ, F. Der Grundbau. Berlin 1865. S. 13.
PROMNITZ, J. Die Fangdämme, Spundwände, Rammen und Wafferfchöpfmafchinen in ihrer Anwendung bei den Gründungen. Halle 1869.
HAGEN, G. Handbuch der Wafferbaukunft. Theil I, Band 2: Fundirungen. 3. Aufl. Berlin 1870.
FELDEGG, E. v. Allgemeine Conftructionslehre des Ingenieurs. Nach Vorträgen von *R. Baumeifter*. Carlsruhe 1879. Theil II: Fundirungen. S. 478.
KLASEN, L. Handbuch der Fundirungsmethoden. Leipzig 1879. S. 95.
Handbuch der Ingenieurwiffenfchaften. Band I. 2. Aufl. Leipzig 1884. S. 356.

Sand, Kies etc. find für folche Dämme ungeeignet. Kleiboden, Thon mit Sand gemengt, Mift, Dünger etc. eignen fich am beften.

4) Durch Kaftenfangdämme. Die gröfste Standfeftigkeit und Wafferdichtheit kann man mit Kaftenfangdämmen erzielen. Sie beftehen aus zwei Holzwänden, zwifchen denen ein möglichft wafferundurchläffiger Füllftoff eingebracht wird (Fig. 695 u. 696).

Die Holzwände beftehen entweder aus dicht nebeneinander gefchlagenen Pfählen oder aus Bretter-, Stülp- und Spundwänden *w*, die durch Pfahlreihen *a* geftützt werden. Zur Längsverbindung dienen Holme

Fig. 695. Fig. 696.



Kaftenfangdämme. — 1/100 w. Gr.

und Gurthölzer *c*; um beim Einbringen der Füllung das feitliche Ausweichen der beiden Wände zu verhüten, bringt man eine Querverbindung *e* an, die entweder aus hölzernen Zangen oder eifernen Ankern beftehen kann.

Zur Füllung *f* ift frifcher Kleiboden (fette, lehmige und thonige Erde) am beften geeignet, weil er am dichteften ift; ein Gemenge aus Sand und Thon fteht diefem Füllftoff am nächften; der Thon allein ift ungeeignet, weil er Hohlräume bildet. Betonfüllung erzeugt den höchften Grad von Wafferdichtheit, kommt jedoch am teuerften zu ftehen.

5) Durch Schwimmkaften ohne Boden. Ein feitlich gefchloffener, meift hölzerner Kaften, der in der Grundrifsgeftalt dem zu gründenden Bauwerke entfpricht, wird auf die Sohle des Wafferlaufes etc. gefenkt; der Erfolg ift nahezu derfelbe, wie bei einer Umfchliefsung durch Spundwände.

6) Durch Schwimmkaften mit Boden, auch Senkkaften, Senkfchiff oder Caiffon genannt. Die Form eines folchen Kaftens entfpricht gleichfalls der Grundrifsgeftalt des zu errichtenden Bauwerkes; durch Verfpannung und Kalfaterung der einzelnen Teile wird ein hoher Grad von Wafferdichtheit erreicht. Der Boden bleibt unter dem Fundament (als liegender Roft, fiehe Art. 439) liegen; die Seitenwände werden entfernt.

Das Trockenlegen der Baugrube, das etwa notwendige Vertiefen derfelben, das Hervorholen von gröfseren Steinen, Baumftämmen etc. gefchieht wie unter a, 3.

c) Gefriergründung.

Wenn die Bodenfchicht, auf der gegründet werden foll, ftark wafferhaltig ift, namentlich wenn man es mit fog. fchwimmendem Boden zu thun hat, fo kann man die Baugrubenumfchliefsung auch in der Weife bilden, dafs man um das künftige Bauwerk herum einen fog. Froftcylinder herftellt. Durch in den Boden ver- 403. Gefriergründung.

fenkte Eifenrohre wird eine Kältemifchung eingeführt, wodurch die diefen Rohren zunächft gelegenen Bodenmaffen zum Gefrieren gebracht werden. Innerhalb des fo entftandenen ringförmigen Froftcylinders können die lockeren Bodenmaffen ausgehoben werden und kann der Fundamentkörper zur Ausführung kommen.

Diefes *Poetfch* patentierte Verfahren ift bisher hauptfächlich beim Abteufen von Schächten in Anwendung gekommen, und zwar mit gutem Erfolg. Es hat auch im Grundbau Eingang gefunden. Als Träger der Kälte wird eine Chlorcalcium- oder Chlormagnefiumlauge benutzt.

---

2. Kapitel.

Gemauerte Fundamente.

a) Vollgemauerte Fundamente.

404. Allgemeines.

Diefe Art von Fundamenten, die aus einer ununterbrochenen, maffiven Mauerung beftehen, kommen im Hochbauwefen am häufigften vor und werden auch mit Recht, ihrer Einfachheit und Sicherheit wegen, allen anderen Gründungsverfahren vorgezogen.

Das Fundamentmauerwerk ift ftets auf vollkommen tragfähigen Baugrund zu fetzen; die auszufchachtende Baugrube, bezw. die Fundamentgräben erhalten dementfprechend mindeftens eine Tiefe, welche der Mächtigkeit der lockeren, nicht tragfähigen Bodenfchichten gleichkommt. Erhält das zu errichtende Gebäude unterirdifche Räume und reicht deren Sohle noch in die tragfähige Schicht hinein, fo führt man die Sohle der Fundamentgräben, bezw. die Aufftandfläche des Fundamentmauerwerkes noch 0,50 bis 1,00 m unter die Sohle jener Räume hinab (Fig. 697 u. 698).

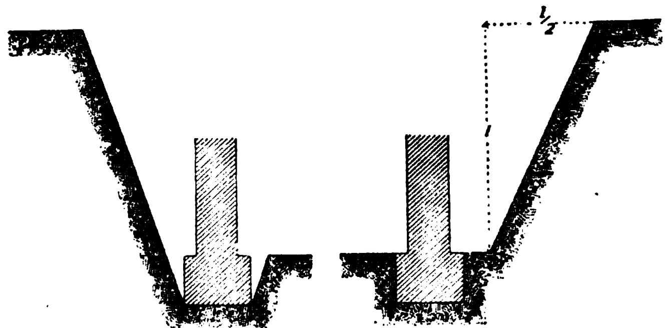


Fig. 697. Fig. 698.

405. Fundamentmauerung.

Nachdem die Baugrube, bezw. die Fundamentgräben ausgehoben, hierbei erforderlichenfalls trocken gelegt worden find, wird ihre Sohle möglichft abgeglichen und geebnet. Soll die Aufftandfläche des Fundaments abfatzförmig hergeftellt werden (vergl. Art. 381, S. 310) oder foll das Fundamentmauerwerk zahnförmig in den Baugrund eingreifen (fiehe ebendaf.), fo bereitet man die Grabenfohle in entfprechender Weife vor.

Alsdann wird auf der Baufohle ein Mörtelbett ausgebreitet und in diefes die unterfte Schicht des Fundamentmauerwerkes verlegt. Bei der hierauf folgenden weiteren Herftellung der Fundamentmauerung ift insbefondere auf die anzuordnenden Fundamentabfätze Rückficht zu nehmen; in der Höhe eines jeden derfelben hat eine Abgleichung des Mauerwerkes ftattzufinden. Mufste die Baugrube künftlich trocken gelegt werden, fo ift das Wafferfchöpfen während der Grundmauerung fortzufetzen.

Wird das Fundamentmauerwerk auf Felfen aufgefetzt, fo foll die Oberfläche des letzteren nicht zu glatt fein; fie mufs nötigenfalls aufgerauht werden, damit das darauf ausgebreitete Mörtelbett fich beffer damit verbindet. Höhlungen und Klüfte, die etwa im felfigen Untergrund vorhanden find, werden ausgemauert, ausgegoffen oder mit Gewölben überfpannt.

Für die unteren Schichten des Fundamentmauerwerkes verwende man möglichft grofse, lagerhafte und harte Steine; diefelben follen um fo gröfser und um fo härter fein, je gröfser der vom darüber ftehenden Bauwerk ausgeübte Normaldruck ift. Insbefondere find für die unterfte Mauerfchicht Steine von thunlichfter Regelmäfsigkeit und nicht zu kleinen Abmeffungen zu verwenden. Bei ftärkerem Drucke find am beften rauhe Quader, jedenfalls aber lagerhafte, gut zugehauene Bruchfteine zu verwenden; je nach der Gröfse der Belaftung find derlei Steine 15 bis 50 cm dick zu wählen. 406. Material.

Hie und da (in Baden etc.) ift es, mit gutem Erfolg, üblich, als unterfte Lage des Fundaments fog. Bodenplatten anzuwenden; dies find 20 bis 30 cm dicke, 80 bis 90 cm breite und 1,00 bis 1,50 m lange Sandfteinplatten, auf welche mit lagerhaften Bruchfteinen gemauert wird.

Wenn der Baugrund einige, wenn auch nicht gefährliche Prefsbarkeit befürchten läfst, fo führe man die unteren Schichten des Fundamentmauerwerkes in Rollfchichten aus. Die Sohlenfchicht befteht alsdann aus grofsen, hochkantig geftellten Quadern oder regelmäfsig behauenen Bruchfteinen; bei Verwendung der letzteren werden die Fugen mit kleineren Steinen ausgekeilt und gut mit Mörtel ausgefüllt.

Aus dem Gefagten geht hervor, dafs fich Backfteine im allgemeinen nur wenig für Fundamentmauerwerk eignen. Nur bei Bauwerken, die einen geringen Druck auf den Baugrund ausüben, ferner in Fällen, wo gröfsere natürliche Steine nur fchwer und blofs mit unverhältnismäfsig grofsen Koften herbeizufchaffen find, verwende man Backfteine, jedoch nur folche von befter Befchaffenheit, namentlich fcharf gebrannte Klinker. In Art. 32 (S. 29 u. 30) wurde bereits gefagt, dafs fich für folche Fundamente der Stromverband empfiehlt, und auch feine Durchführung dort angegeben.

Für Fundamentmauerwerk von geringerer Dicke und Tiefe, das im Trockenen ausgeführt wird, genügt gewöhnlicher Luftmörtel; bei Gründungen im Waffer ift ftets hydraulifcher, am beften rafch erhärtender Zementmörtel zu verwenden. Allein auch dickes und tiefes Fundamentmauerwerk, das nicht im Waffer auszuführen ift, erfordert die Benutzung von hydraulifchem Mörtel, weil der Luftmörtel im Inneren nicht genügend hart wird. Die Verwendung hydraulifchen Mörtels empfiehlt fich um fo mehr, je kleiner die zur Grundmauerung benutzten Steine find, alfo auch dann, wenn Backfteine genommen werden müffen.

Bei der Herftellung des Fundamentmauerwerkes ift darauf zu achten, dafs mit Hilfe grofser Binderfteine ein guter Verband erzielt werde. Das Mauerwerk nur aus äufseren Schalen herzuftellen und den Kern aus Füllmauerwerk von ganz unbearbeiteten Steinen beftehen zu laffen, ift ein Verfahren, das zwar leider häufig genug vorkommt, aber als fchlecht bezeichnet werden mufs. 407. Ausführung.

Weiters ift danach zu ftreben, dafs das Fundament thunlichft als fog. zweihäuptiges Mauerwerk ausgeführt werde. Bei Fundamentgräben mit lotrechten Wänden (Fig. 698) ift dies nur fchwer zu erreichen; wenn hingegen die unterfte Mauerfchicht eben an den Fufs der geböfchten Baugrubenwand herantritt (Fig. 697), fo bleibt das übrige Fundamentmauerwerk ganz frei, fo dafs es in feinen Aufsenflächen folid und kunftgerecht ausgeführt werden kann und die Luft unbehinderten Zutritt hat.

Es ist von Wichtigkeit, dafs das Fundamentmauerwerk entsprechend austrockne, weil es nur so gehörig »abbinden« kann. Deshalb sollte es möglichst vermieden werden, den Zwischenraum zwischen Grundmauer und Baugrubenwandung sofort nach der Ausführung der ersteren mit Erde auszufüllen. Allerdings läfst sich dieses Verfahren kaum umgehen, wenn der Fundamentgraben mit lotrechten Wandungen ausgeschachtet wurde und seine Breite die Dicke der Fundamentmauerung nur um weniges übersteigt [214]).

Im Anschlufs an die Fundamentmauern ist Boden oder Bauschutt, der mit organischen Stoffen verunreinigt ist, zu vermeiden, ebenso Kohlenschlacken und Rufs, weil bei deren Auslaugen durch Regen Schwefel- und Stickstoffverbindungen (Salpeter) an das Mauerwerk gelangen, sein Austrocknen hindern, ja sogar den Mörtel erweichen.

Bislang wurde vorausgesetzt, dafs die Fundamentmauerung in einer überhaupt wasserfreien oder in einer trockengelegten Baugrube ausgeführt wird. Obwohl dies das gewöhnliche Verfahren bildet, so kommen doch auch Fälle vor, in denen man das Wasser nicht ausschöpfen kann, insbesondere dann, wenn durch das nachdringende Wasser der Boden zu sehr gelockert würde. Es ist nun allerdings in solchen Fällen am vorteilhaftesten, ein Betonfundament herzustellen; will man indes ein gemauertes Fundament zur Ausführung bringen, so müssen gröfsere Fundamentquader im Wasser verlegt und auf diese erst das gewöhnliche Mauerwerk aufgesetzt werden.

408. Asphaltmauerwerk.

Für Maschinenfundamente verwendet man mit Vorteil Asphaltmauerwerk. Die von Dampfmaschinen, Prägemaschinen etc. herrührenden Schwingungen erzeugen auf starrem Auflager eine Gegenwirkung, wodurch ihr für das Gebäude nachteiliger Einflufs noch erhöht und der ruhige, sanfte Gang der Maschinen sehr beeinträchtigt wird. Asphaltmauerwerk, ebenso der im nächsten Kapitel noch zu erwähnende Asphaltbeton begegnen den gedachten Mifsständen in trefflicher Weise.

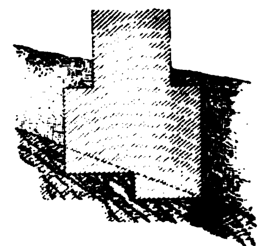
Nach *Malo* stelle man zur Ausführung von Asphaltmauerwerk zuerst eine Form her, die innen mit glattgehobelten Brettern verkleidet ist. Reiner Mastixasphalt, der durchgekocht und auf etwa 180 bis 200 Grad erhitzt ist, wird zunächst auf 5 bis 6 cm Höhe in diese Form gegossen; in dieses Bad legt man Steine von ungleicher Gröfse, soviel als möglich vorgewärmt, und ordnet sie so, dafs die Zwischenräume auf ein thunlichst kleines Mafs herabgemindert sind. Auf diese Steinlage giefst man eine weitere Menge heifsen Mastix, welcher die Fugen der Steinlage ausfüllt; hierauf bringt man in gleicher Weise eine zweite Steinlage auf, wobei die Steine gut in Verband zu legen sind; alsdann folgt ein drittes Mastixbad, eine dritte Steinlage und so fort, bis die ganze Form ausgefüllt ist.

Man kann die Kosten des Asphaltmauerwerkes verringern, ohne seine Vorzüge beträchtlich zu vermindern, wenn man den inneren Kern des Fundamentkörpers aus gewöhnlichem Mörtelmauerwerk herstellt; nur der freie Raum zwischen diesem Kern und den Wänden der Gufsform wird alsdann mit Asphaltmauerwerk ausgefüllt [215]).

409. Mauerwerk mit Abtreppungen und Oeffnungen, Verankerungen.

Wurde für eine längere Mauer die Aufstandfläche des Fundaments abgetreppt und haben die Stufen eine gröfsere Länge, so ist bei stark belasteten Bauwerken, wie dies bereits in Art. 381 (S. 310) gesagt wurde, der über jeder Stufe stehende Mauerkörper unabhängig von dem benachbarten auszuführen, damit nicht durch ungleichmäfsige Setzungen Risse hervorgebracht werden (siehe auch Art. 380, S. 309).

Fig. 699.



Man hat bei steil abfallendem Felsen wohl auch in der Querrichtung der Mauern Absätze angeordnet (Fig. 699); indes ist dies nur bei sehr grofser Mauerdicke und geringer Belastung oder nur dann zu empfehlen, wenn es sich um die Gründung von Einfriedigungsmauern oder ähnlichen untergeordneten Bauwerken handelt. Sonst können bei starkem Drucke leicht schädliche Spaltungen im Mauerwerk hervorgerufen werden.

Sind in dem über den Grundmauern aufzuführenden Tagmauerwerk gröfsere Oeffnungen vorgesehen, wie z. B. Hausthore, gröfsere Schaufenster und Bogen-

214) Siehe auch: Ueber mangelhafte Ausführung von Fundamentmauerwerk. Centralbl. d. Bauverw. 1881, S. 52.

215) Siehe auch: Dorrigny, L. *L'asphalte employé pour fondation des machines. La semaine de const.* 1886—87, S. 250.

ftellungen etc., fo ift das Fundamentmauerwerk diefen Durchbrechungen entfprechend nur dann zu unterbrechen, wenn der ftehenbleibende Boden aus Felfen oder einem Geftein befteht, das diefelbe Feftigkeit wie das Mauerwerk hat; in den meiften Fällen jedoch wird die unter den Mauerdurchbrechungen durchgehende Fundamentmauerung vorzuziehen fein, damit nicht das Ausweichen der letzteren infolge der in der Regel ifolierten und meift auch gröfseren lotrechten Drücke ftattfindet.

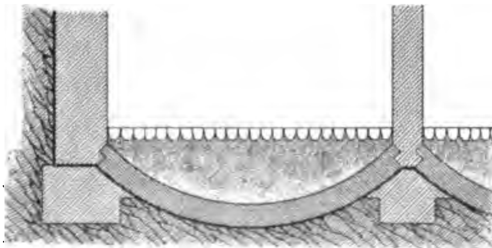
Steht zu befürchten, dafs das Fundamentmauerwerk fpäter, infolge ftark unterhöhlten Baugrundes etc., fchädlichen Biegungen ausgefetzt werden wird, fo vermehre man die Zugfeftigkeit desfelben durch Einziehen fchmiedeeiferner Zuganker. (Vergl. auch Teil III, Bd. 6 diefes »Handbuches«, Abt. V, Abfchn. 1, Kap. 3: Sicherungen gegen die Wirkung von Bodenfenkungen und Erderfchütterungen.)

Solche eiferne Verankerungen wurden von *Otto* in einem Falle angewendet, wo ungleichmäfsiges Setzen und infolgedeffen Riffebildung zu erwarten war.

Diefe Konftruktion, welche vom Ausführenden »Mauerroft« genannt wird, befteht darin, dafs das aus Backfteinen in verlängertem Zementmörtel ausgeführte Fundamentmauerwerk durch Bandeifeneinlagen verfteift und verankert wurde; zu gröfserer Sicherheit wurden noch von Aufsen- zu Aufsenmauer durchgreifende Längs- und Queranker eingezogen. Die Bandeifen hatten 3×25 mm Querfchnitt und wurden in zwei Lagen, eine untere und eine obere, in etwa 10 cm Abftand verlegt[216]).

Ueben die Mauern eines Gebäudes einen ftarken Druck auf den Baugrund aus, fo dafs ein zu bedeutendes Einfinken ihrer Fundamente zu erwarten ift, fo fucht man den Druck dadurch auf eine gröfsere Fläche zu verteilen, dafs man zwifchen den Mauerfundamenten umgekehrte Gewölbe einfpannt. Letztere find auch dann fehr wirkfam, wenn infolge des grofsen Druckes zu befürchten ift, dafs der Boden feitlich ausweicht und längs der Mauerfundamente emporfteigt; einem folchen Auftriebe wird durch umgekehrte Gewölbe beffer entgegengewirkt, als durch blofse Belaftung des Baugrundes. 410. Umgekehrte Fundamentgewölbe.

Fig. 700.



1/100 w. Gr.

Die umgekehrten Fundamentgewölbe find meift Tonnengewölbe, welche zwifchen je zwei benachbarten Parallelmauern eingezogen werden (Fig. 700); feltener kommen Klostergewölbe (fog. Erdkappen) zur Anwendung. Bei der Ausführung wird zunächft zwifchen den Fundamentmauern der Baugrund mit Hilfe einer entfprechend geformten Lehre fo abgegraben, dafs er die Geftalt der unteren Wölbflächen erhält; alsdann gefchieht die Gewölbmauerung in der fonft üblichen Weife.

Bei den Verftärkungsarbeiten am Turme des Ulmer Münfters wurde u. a. zwifchen der nördlichen und füdlichen Fundamentmauer ein Bodengewölbe aus Quadern eingezogen, um die bereits vorhandene grofse und bei den Vollendungsarbeiten noch zu vermehrende Belaftung des Baugrundes auf eine gröfsere Fläche zu verteilen. Obwohl die Gefamtlaft um 1 343 200 kg (584 cbm Quadermauerwerk) vergröfsert worden ift, wurde doch der Druck auf den Baugrund von 9,47 auf 9,15 kg für 1 qcm herabgemindert[217]).

In neuerer Zeit werden derartige umgekehrte Gewölbe auch dann angewendet, wenn es fich darum handelt, unterirdifche Räume, deren Sohle dem Grundwafferftande zu nahe oder fogar unter dem niedrigften Grundwafferftand gelegen ift, trocken zu legen. Der trocken zu legende Raum wird zunächft durch umgekehrte Gurtbogen in kleinere Felder geteilt, und in diefe werden umgekehrte flache Erdkappen aus ganz

216) Näheres hierüber fiehe: Zur Gründung von Gebäuden auf Kleiboden. Centralbl. d. Bauverw. 1898, S. 237.

217) Näheres: Deutfche Bauz. 1882, S. 231.

guten Backfteinen in beftem Zementmörtel eingezogen, oder es kommen umgekehrte Tonnengewölbe zur Ausführung. Auch die Aufsenmauern, die fich an diefe Gewölbe anfchliefsen, werden auf 50 cm über dem höchften Wafferftand wafferdicht aufgeführt. Unterhalb der äufseren (unteren) Wölbflächen breitet man wohl auch noch eine wafferundurchläffige (Ifolier-) Schicht aus Lehmfchlag, Afphalt, Afphaltplatten etc. aus (Fig. 699); felbftredend müffen alsdann auch die begrenzenden Grundmauern mit den erforderlichen Ifolierfchichten verfehen werden. (Siehe auch im nächften Hefte diefes »Handbuches«, Abt. III, Abfchn. 1, A, Kap. 12: Schutz der Wände gegen Feuchtigkeit.)

Um die Dicke folcher umgekehrter Gewölbe ermitteln zu können, fei an diefer Stelle mitgeteilt, dafs der Druck des Grundwaffers gegen ein folches Gewölbe auf 1 qm wagrechter Projektion bei fefter Bodenlagerung 1033 *t* Kilogr. beträgt, wenn *t* die Eintauchungstiefe des Wölbfcheitels unter dem Grundwafferfpiegel bezeichnet. Ift der Boden fo beweglich, dafs er zu einer breiigen Maffe werden kann, fo fetze man ftatt der Wertziffer 1033 das Einheitsgewicht des Bodens — etwa 1500 bis 1600 — ein.

b) Pfeilerfundamente.

Pfeilerfundamente, welche nicht aus durchgehendem Fundamentmauerwerk, fondern aus einzelnen gemauerten Fundamentpfeilern beftehen, können zweifacher Art fein, und zwar Pfeilerfundamente für durchgehendes Tagmauerwerk (aufgelöfte Fundamente) und Fundamente für einzelne Pfeiler oder Freiftützen.

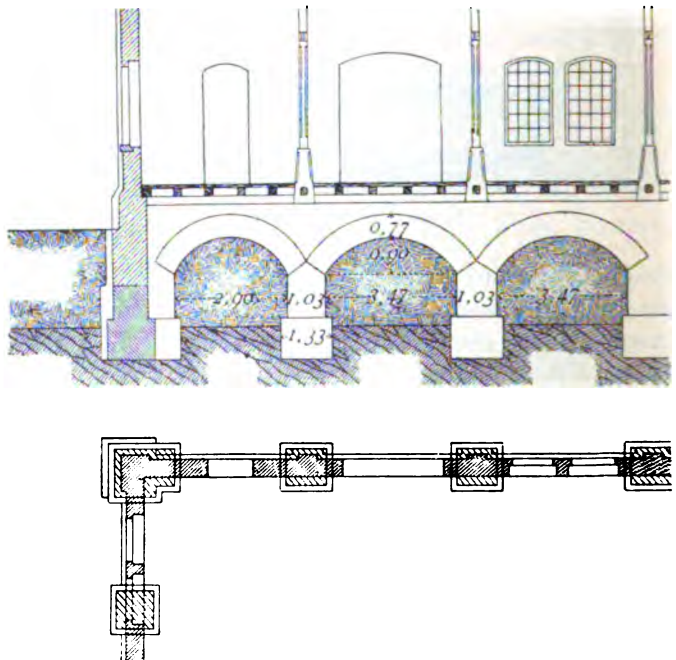
1) Pfeilerfundamente für durchgehendes Tagmauerwerk.

411. Wefen.

Um an Grundmauerwerk, unter Umftänden auch an Grundgrabung zu erfparen, hat man nicht felten bei gröfserer Mächtigkeit der nicht tragfähigen Schicht und längeren Mauern keine ununterbrochene Fundamentmauerung ausgeführt, fondern nur einzelne Mauerpfeiler auf der tragfähigen Bodenfchicht errichtet, diefe oben durch Gurtbogen, fog. Grundbogen, miteinander verbunden und nach Abgleichung der Bogenzwickel auf diefem Unterbau das aufgehende oder Tagmauerwerk hergeftellt.

Die Fundamentpfeiler müffen bei einer derartigen Anordnung einen fo grofsen wagrechten Querfchnitt erhalten, dafs fie den vom daraufftehenden Gebäude ausgeübten lotrechten Druck aufzunehmen im ftande find. Ihr Querfchnitt mufs demnach fo grofs gewählt werden, dafs die gröfste darin vorkommende Preffung die zuläffige Druckbeanfpruchung des Fundamentmauerwerkes nicht überfchreitet;

Fig. 701.



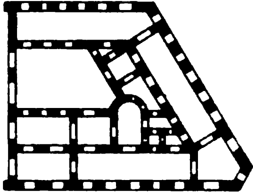
Vom Güterfchuppen auf dem Bahnhofe zu Göttingen.

1/200 w. Gr.

die letztere ift im vorliegenden Falle höchftens zu 8 bis 10 kg für 1 qcm anzunehmen. Die Fundamentpfeiler haben nach unten eine entfprechende Verbreiterung zu erfahren, damit der in der Bafis herrfchende Druck das für den vorliegenden Baugrund zuläffige Mafs nicht überfteigt.

Die Pfeiler werden fo angeordnet, dafs an die Ecken des Gebäudes jedesmal ein kräftiger Pfeiler zu ftehen kommt und dafs im übrigen die Achfenteilung der Fenfter- und Thüröffnungen zu Grunde gelegt wird; befonders hat man es zu vermeiden, dafs auf die Mitte eines Grundbogens eine Einzellaft zu ftehen kommt. (Vergl. Fig. 701 bis 703.)

Fig. 702.



Fundamentplan zu Fig. 703[218]).
1/1000 w. Gr.

Die Fundamentpfeiler find forgfältig aus harten, lagerhaften Bruchfteinen in hydraulifchem Mörtel, bei grofsem Drucke ganz aus Quadern oder mit einzelnen Binderfcharen zu mauern. Hart gebrannte Backfteine follten nur ausnahmsweife verwendet und dann nur mit Zementmörtel gebunden werden.

Die Grundbogen follen fo angeordnet werden, dafs ihr Scheitel noch unter der Erdoberfläche gelegen ift. Als Bogenform wird, wo es an der erforderlichen Konftruktionshöhe nicht fehlt, am beften der Halbkreisbogen gewählt; bei geringer Höhe wendet man Stichbogen an, deren Stichverhältnis indes nicht kleiner als 1 : 4 fein follte. Bisweilen find auch Spitzbogen ausgeführt worden, die jedoch nur dann zu empfehlen find, wenn der Scheitel des Grundbogens einem ifolierten Einzeldruck ausgefetzt ift. Als Bauftoffe für die Grundbogen find fcharf gebrannte Backfteine oder harte und lagerhafte Bruchfteine anzuwenden; Quader find zwar nicht ausgefchloffen, in der Regel aber zu teuer. 412. Grundbogen.

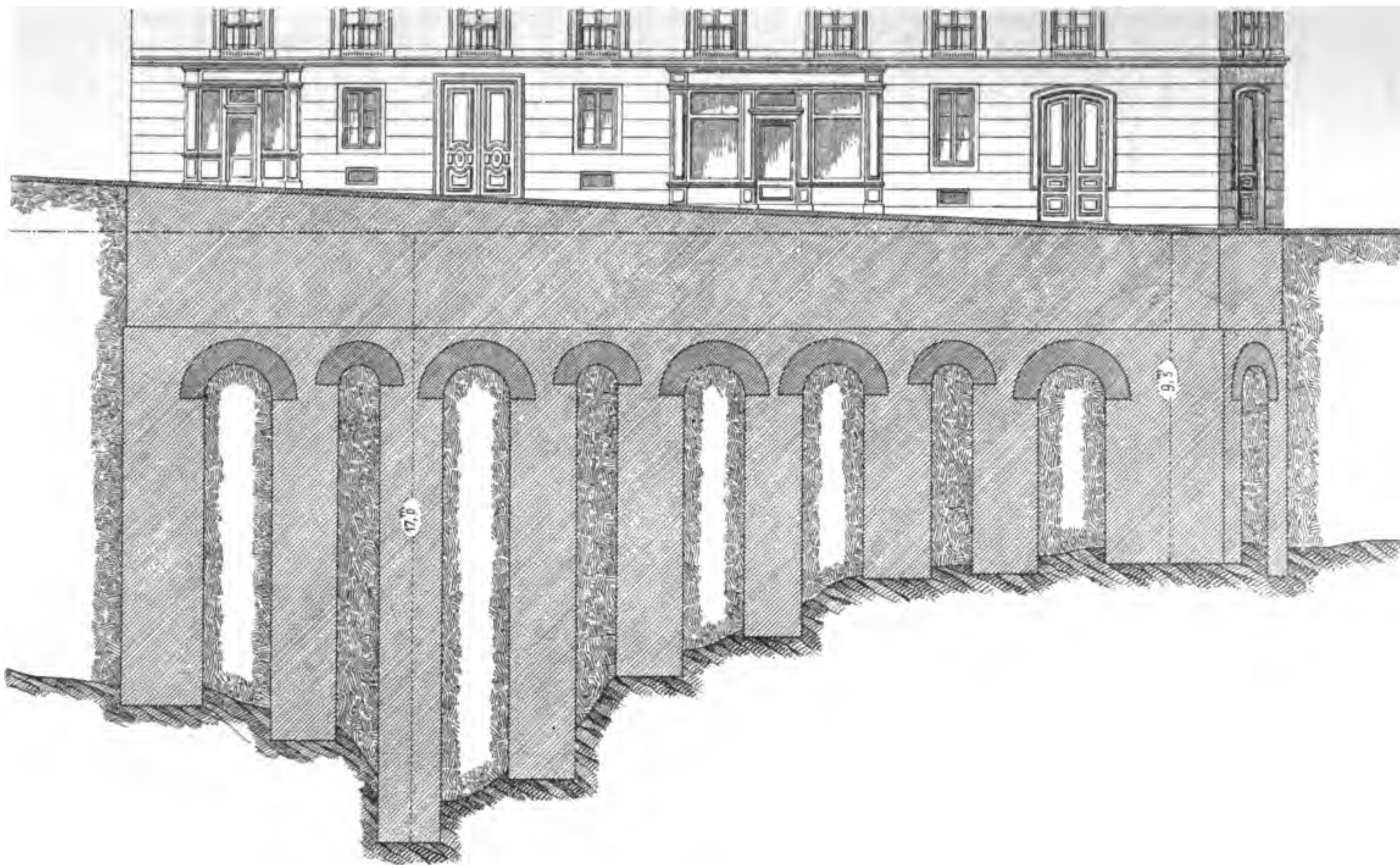
Bei der Gefamtanordnung und Ausführung der Fundamentpfeiler und der fie überfpannenden Grundbogen zeigen fich nicht unwefentliche Verfchiedenheiten. Die wichtigften vorkommenden Fälle find die folgenden. 413. Gefamtanordnung und Ausführung.

α) Man gräbt die lockeren Bodenmaffen für jeden Fundamentpfeiler getrennt aus, bis man auf die tragfähige Schicht gelangt; alsdann wird innerhalb jeder fchachtartigen Baugrube der Pfeiler bis zur Kämpferhöhe aufgemauert. Erforderlichenfalls ift während der Grundgrabung und der Mauerung die Baugrube wafferfrei zu halten.

Befteht die abzugrabende Bodenfchicht aus einer zufammenhängenden, fetten Erdart, fo ift häufig keine Zimmerung der fchachtartigen Baugruben erforderlich; unter Umftänden kann man fogar den zwifchen je zwei Pfeilern ftehen gebliebenen Erdkörper als Lehrbogen für die Einwölbung des Grundbogens benutzen, indem man diefen Erdkörper nach der Bogenform abgräbt. In derartigen Fällen ift die Erfparnis, welche die Pfeileranordnung den voll gemauerten Fundamenten gegenüber ergiebt, eine wefentliche. Zwar fteht dem Gewinne an Grundaushebung und Fundamentmauerwerk, unter Umftänden auch an Wafferfchöpfen, der Nachteil entgegen, dafs das Abteufen einer fchachtartigen Baugrube (einfchl. des Emporfchaffens der ausgegrabenen Bodenmaffen) teuerer zu ftehen kommt, als das einer langgeftreckten Grube, dafs auch das Mauern in einem folchen engen Schachte nicht bequem und einfach, alfo auch nicht billig genug vorgenommen werden kann, und dafs die Herftellung der Grundbogen teuerer zu ftehen kommt, als die Ausführung eines gleichen Rauminhaltes von aufgehendem Mauerwerk; indes ift die Erfparnis

218) Nach: *Nouv. annales de la conft.* 1876, Pl. 26.

Fig. 703.



Von einem Wohn- und Geschäftshaus zu Madrid[218]). — $^1/_{200}$ w. Gr.

doch eine so grosse, dass sie durch die zuletzt erwähnten Mehrkosten nicht aufgewogen wird. Unter besonders günstigen Verhältnissen kann schon bei 3 m Gründungstiefe die Pfeilergründung einem vollgemauerten Fundament vorzuziehen sein.

Brennecke giebt auf Grund einer umfangreichen Statistik an, dass, wenn der feste Baugrund 4 m oder mehr unter dem Grundwasserspiegel gelegen ist, Pfeilerfundamente sich billiger stellen, als durchgehendes Grundmauerwerk [219]).

β) Wenn jedoch die mit den Fundamentpfeilern zu durchsetzende Bodenschicht locker ist, so müssen die schachtartigen Baugruben ausgezimmert werden; die Zimmerung fällt um so stärker, d. i. um so teuerer aus, je lockerer die betreffende Bodenmasse ist, und die Ersparnisse an Grundaushebung und Fundamentmauerwerk verschwinden zum Teile oder ganz infolge der hohen Kosten der Schachtzimmerung.

In derartigen Fällen sieht man deshalb von der unter α gedachten Ausführungsweise ab und kann folgende Gründungsverfahren anwenden:

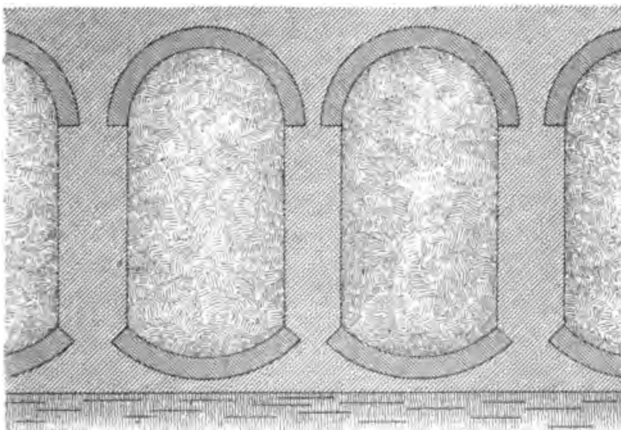
414. Ersatz durch Brunnenpfeiler etc.

a) Man hebt keine Baugruben aus und ersetzt die von unten nach oben zu mauernden Fundamentpfeiler durch Senkbrunnen oder Senkröhren, die von oben nach unten in den Boden eingesenkt werden. Von diesem Verfahren, welches hauptsächlich bei grosser Gründungstiefe und starkem Wasserandrang zu empfehlen ist, wird noch in Kap. 2 u. 3 des nächsten Abschnittes eingehend die Rede sein. Unter gewöhnlichen Verhältnissen läst sich annehmen, dass bei 5 bis 6 m Tiefe der Fundamentbasis unter Erdgleiche Pfeilerfundamente noch vorteilhaft sind; bei noch grösserer Tiefe kommt die Senkbrunnengründung in der Regel billiger zu stehen. Doch sind Pfeilerfundamente der vorbeschriebenen Art für viel grössere Tiefen (z. B. für 17 m Tiefe bei dem in Fig. 703 dargestellten Gebäude) ausgeführt worden.

415. Durchgehendes Bankett.

b) Man hebt nicht, den einzelnen Pfeilern entsprechend, einzelne schachtartige Baugruben aus, sondern für die ganze Mauer einen einzigen ununterbrochenen Fundamentgraben. Die Auszimmerung einer solchen langgestreckten Baugrube ist häufig billiger, als die mehrerer einzelner Schächte; auch kann die Mauerung der Pfeiler bequemer und billiger ausgeführt werden.

Fig. 704.



Pfeilerfundament mit Erd- und Grundbogen. — 1/200 w. Gr.

Ist die Bodenschicht, auf der die Fundamentpfeiler erbaut werden sollen, nicht widerstandsfähig genug, so kann es in einem solchen Falle zweckmässig sein, über die ganze Länge der Baugrube eine gemauerte Sockelschicht (durchgehendes Bankett) oder eine Betonschicht auszubreiten und erst über dieser mit der Mauerung der Einzelpfeiler zu beginnen.

416. Erdbogen.

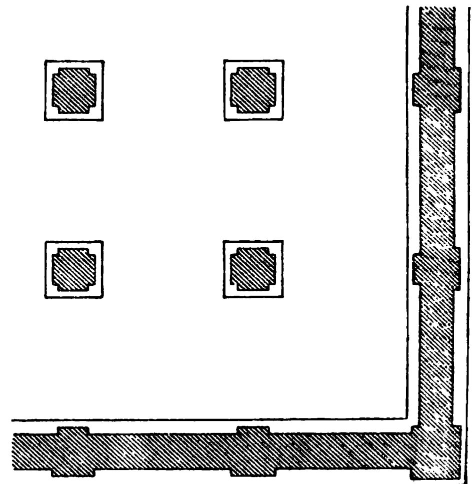
c) Bisweilen ist man genötigt, auf einer Bodenschicht zu gründen, die zwar gleichmässig tragfähig, aber noch nicht fest genug ist, die von den einzelnen Funda-

219) Siehe: Brennecke, L. Wann soll man durchgehende, und wann soll man sog. aufgelöste Grundmauern anwenden? Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 434.

mentpfeilern ausgeübten Drücke mit Sicherheit aufzunehmen. Will man in einem folchen Falle die Drücke auch auf die zwifchen den Pfeilern gelegenen Baugrundflächen verteilen, fo wende man umgekehrte Gewölbbogen an, die zwifchen den Fundamentpfeilern einzufpannen find (Fig. 704).

Solche umgekehrte Fundamentbogen, Erdbogen, Gegenbogen oder Konterbogen genannt, find für die Druckverteilung befonders dann geeignet, wenn die für die Fundamente gegebene Konftruktionshöhe im Verhältnis zu den Abftänden der einzelnen Pfeiler voneinander fo befchränkt ift, dafs eine einfache Verbreiterung der Pfeiler oder ein durchgehendes Bankett nicht genügend wirkfam ift. Ebenfo find Erdbogen ein vortreffliches Mittel, wenn der Baugrund fo nachgiebig ift, dafs bei ftärkerem Drucke ein Auftrieb des Bodens, d. i. ein feitliches Ausweichen und Emporfteigen desfelben zu befürchten fteht.

Fig. 705.

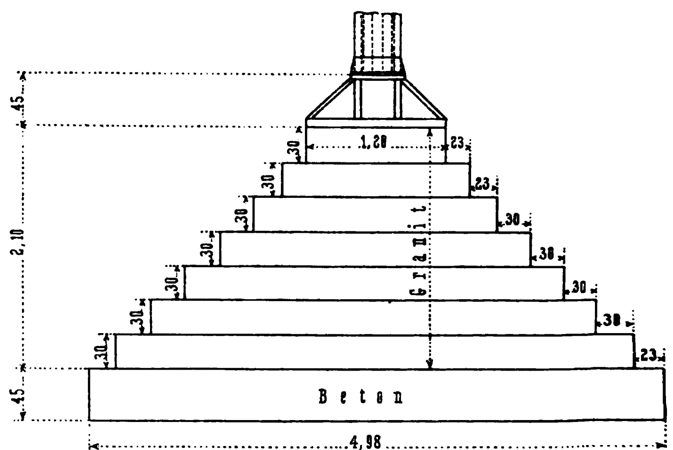


1/200 w. Gr.

Die Anordnung der Fundamente wird die vorteilhaftefte fein, wenn die Druckverteilung über die ganze Fundamentfohle gleichmäfsig gefchieht; gleichartigen Baugrund vorausgefetzt, wird fich die Form und Stärke der Erdbogen aus dem gleichmäfsig verteilt anzunehmenden Gegendruck des Baugrundes auf die Fundamentfohle ergeben. Hiervon ausgehend hat *Koenen*[220]) Form und Stärke folcher Bogen theoretifch unterfucht.

Gewöhnlich werden die Erdbogen in Stichbogen-, feltener in Halbkreisbogenform ausgeführt; die äufsere (untere) Wölbfläche derfelben mufs feft hintermauert fein, damit fie nicht nach unten ausweichen kann. An den Mauerecken follen die betreffenden Pfeiler fo ftark fein, dafs fie dem einfeitigen Wölbfchube der Erd- und der Grundbogen Widerftand leiften können.

Fig. 706[221]).



417. Pfeilerfundamente in aufgefchüttetem Boden.

γ) Am einfachften und auch vorteilhafteften wird die Anordnung und Ausführung von Pfeilerfundamenten, wenn die Bodenfläche, auf der das Gebäude zu errichten ift, höher gelegt, d. i. aufgefchüttet werden foll. In einem folchen Falle, der hauptfächlich auf Stadterweiterungsgründen, bei Bebauung von früheren Feftungsgrabenflächen, auf Bahnhöfen, die im Auftrage gelegen find, etc. vorkommt, erbaut man die Fundamentpfeiler, bevor die Auf-

220) Ueber Form und Stärke umgekehrter Fundamentbögen. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 11.

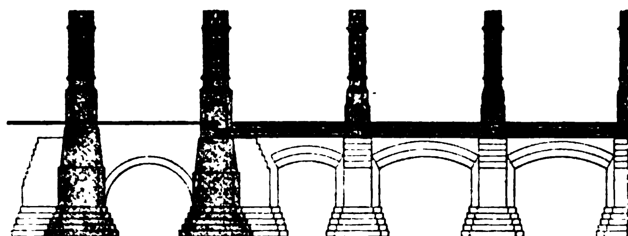
221) Nach: Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1893, S. 425.

ſchüttung vorgenommen worden iſt. Die Koſten der in dem aufgeſchütteten Material herzuſtellenden Baugrube entfallen alsdann ganz, und die Koſtenerſparnis bei der Gebäudegründung iſt eine ſehr weſentliche.

2) Fundamente für einzelne Pfeiler.

Nicht ſelten werden die Decken- und Dachkonſtruktionen gröſserer Räume von einzelnen ſteinernen, hölzernen oder eiſernen Säulen, von gemauerten Pfeilern oder ſonſtigen Freiſtützen getragen, ſo daſs der von der gewölbten oder von der Balkendecke, bezw. vom Dache ausgeübte lotrechte Druck von dieſen Stützen, unter Umſtänden auch noch von den etwa vorhandenen Umfaſſungswänden aufgenommen wird und auf den Baugrund zu übertragen iſt (Fig. 705). 418. Anordnung.

Fig. 707.

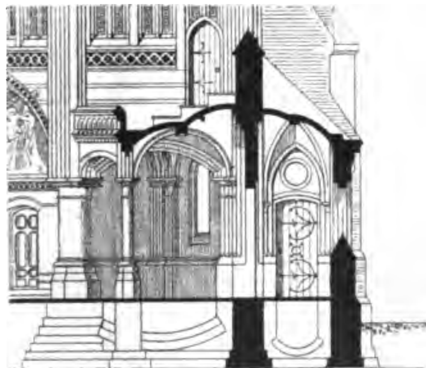


Von der Börſe zu Antwerpen[222]). — $^1/_{200}$ w. Gr.

Je nach den Druck- und den Bodenverhältniſſen werden die Fundamente der einzelnen Freiſtützen unabhängig voneinander hergeſtellt oder durch Zwiſchenkonſtruktionen in Verbindung gebracht. Hauptſächlich kommen die folgenden Anordnungen vor.

α) Jede Freiſtütze erhält ein gemauertes Pfeilerfundament für ſich, das, mit den entſprechenden Fundamentabſätzen verſehen, eine ſo groſse Aufſtandfläche erhält, daſs der Baugrund dem herrſchenden Drucke mit Sicherheit widerſtehen kann. Dieſe Anordnung iſt zu empfehlen, wenn der Baugrund ein ſehr guter iſt, wenn die Freiſtützen weit voneinander abſtehen und wenn die Laſt, die ſie zu tragen haben, nicht groſs iſt.

Fig. 708.



Von der St. Johannis-Kirche zu Altona[223]). $^1/_{100}$ w. Gr.

Bei den hohen Häuſern in den groſsen Städten der Vereinigten Staaten wurde auch bei bedeutendem Bodendruck in ſolcher Weiſe verfahren, allerdings in dem Falle, daſs guter Baugrund in leicht erreichbarer Tiefe ſich vorfand. Nach Fig. 706 wurden würfelförmige Steinblöcke, die je nach der vorhandenen oder angenommenen Tragkraft des Baugrundes kleiner oder gröſser ſind, ſtufenförmig verſetzt; die unterſte Schicht wurde aus einer Betonſchicht gebildet.

Ueber die beſonderen Vorkehrungen, welche bei eiſernen Freiſtützen, insbeſondere wenn ſie ſeitlichen Schüben ausgeſetzt ſind, notwendig werden, iſt bereits in Art. 282 (S. 202) die Rede geweſen.

β) Wenn in der geſtützten Decken- oder Dachkonſtruktion einſeitige wagrechte Schübe infolge von unſymmetriſchen Belaſtungen, Erſchütterungen, Stöſsen, Winddruck etc. entſtehen können, ſo empfiehlt es ſich, die Fundamentpfeiler gegen den

222) Fakſ.-Repr. nach: *Gazette des arch.* 1865, S. 41.
223) Fakſ.-Repr. nach: Zeitſchr. f. Bauw. 1877, Bl. 7.

Einflufs derfelben dadurch zu fichern, dafs man zwifchen ihnen Gurtbogen, nach Art der früher befprochenen Grundbogen, einfpannt. Derlei Verfteifungsbogen werden blofs in dem einen Sinne (Fig. 707) oder auch nach beiden einander durchkreuzenden Richtungen angeordnet, je nachdem folche Schübe in der einen oder in beiden Richtungen vorkommen können.

Unter befonders ungünftigen Verhältniffen kann es auch angezeigt fein, in der Höhe diefer Gurtbogen fchmiedeeiferne Zuganker einzuziehen.

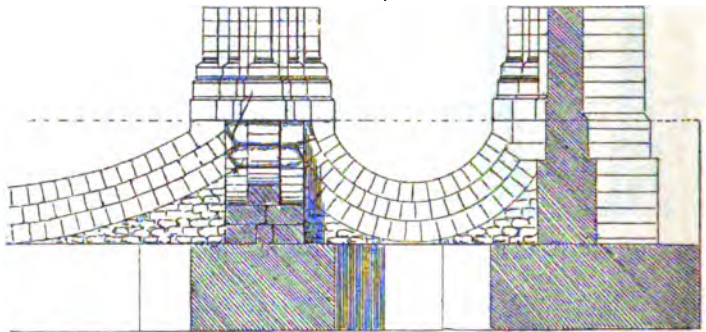
γ) Aus gleichen Gründen werden bisweilen nahe an der Fundamentfohle in ganz ähnlicher Weife umgekehrte Gurtbogen, die mit den vorher befprochenen Erd- oder Gegenbogen übereinftimmen, angeordnet (Fig. 708 u. 709). Diefelben können auch dazu dienen, den von den Einzelpfeilern auf den Baugrund ausgeübten Druck auf eine gröfsere Fläche zu verteilen und dem etwaigen feitlichen Ausweichen des Bodens entgegenzuwirken.

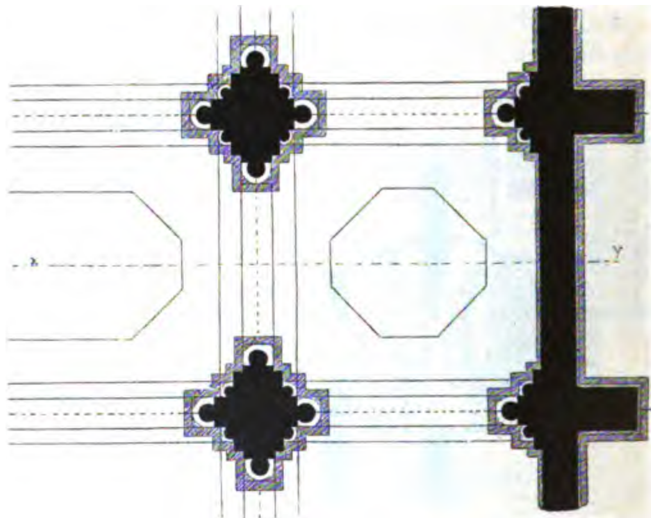
Bisweilen erfcheint es zur Sicherung des ganzen Baues angezeigt, Verbindungen, bezw. Abfteifungen durch Grund- und Gegenbogen vorzunehmen. Auch wird die Anordnung von Gegenbogen mit der Pfahlroftgründung zugleich angewandt (Fig. 710), wovon noch bei der letzteren die Rede fein wird.

δ) Läfst der Baugrund unter ftärkerem ifoliertem Drucke das feitliche Ausweichen befürchten, fo kann man dem hierdurch hervorgebrachten Auftriebe entweder durch Belaftung des zwifchen den Fundamentpfeilern befindlichen Bodens oder durch umgekehrte Gewölbe entgegenwirken.

Fig. 709.

Schnitt *xy*.





Von der Kirche *de la Baftide* zu Bordeaux[224]).

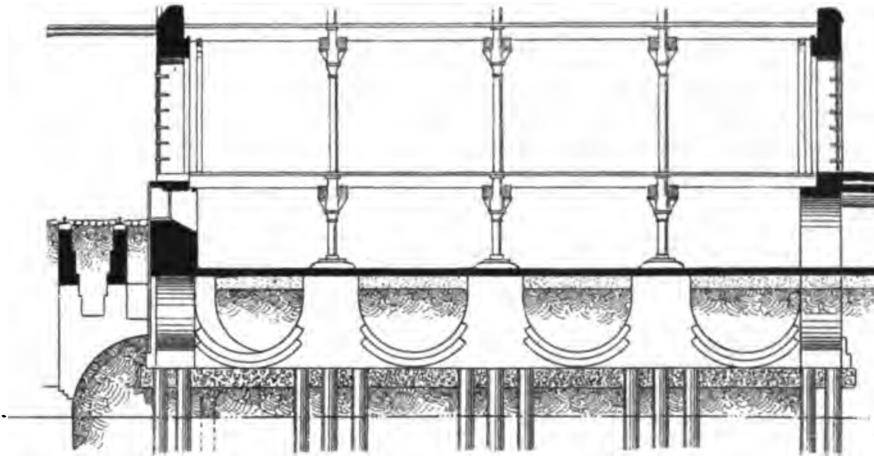
1/200 w. Gr.

Im erfteren Falle kann eine durchgehende Mauerfchicht (durchgehendes Bankett, fiehe Art. 415) angewendet werden; noch beffer ift eine Betonfchicht, die unter dem ganzen Raume ausgebreitet wird und nicht nur durch ihr Gewicht, fondern auch durch ihre Biegungsfeftigkeit wirkt.

Bei ftärkerem Auftriebe werden umgekehrte Gewölbe angewendet und als Tonnen- oder als Kappengewölbe (fog. Erdkappen) ausgeführt. Bei Tonnengewölben

224) Fakf.-Repr. nach: Zeitfchr. f Bauw. 1888, Bl. 26.

Fig. 710.

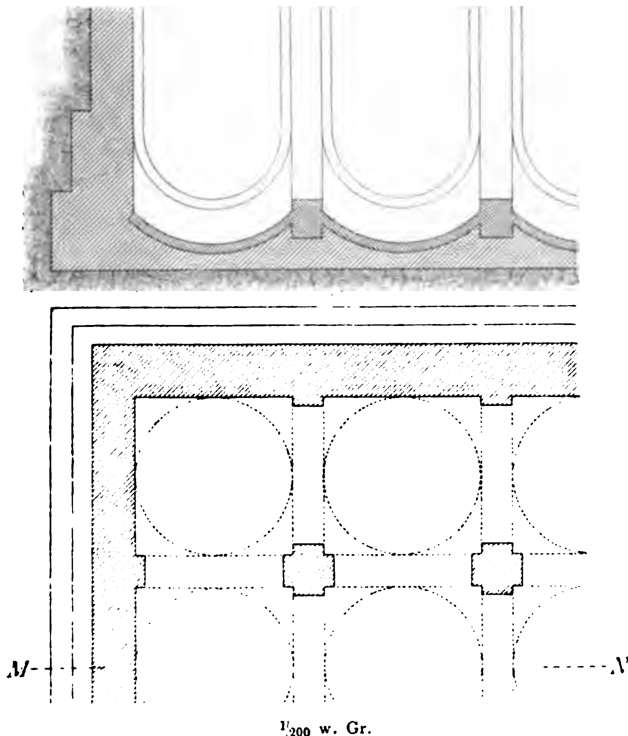


Vom Warenſpeicher am Kaiſer-Quai zu Hamburg[225]). — 1/200 w. Gr.

werden zwiſchen den in einer Reihe gelegenen Pfeilern umgekehrte Gurtbogen (Erdbogen) in der einen Richtung angelegt und winkelrecht dazu die Tonnengewölbe eingezogen. Sollen Erdkappen ausgeführt werden, ſo werden zuerſt durch umgekehrte Längs- und Quergurtbogen viereckige Räume zwiſchen je vier Pfeilern gebildet und in dieſe die umgekehrten Kappen eingezogen (Fig. 711). Hier iſt ſtets eine Untermauerung, die zugleich als Lehre für die Gewölbe dient, zu empfehlen.

Fig. 711.

Schnitt *MN*.



1/200 w. Gr.

ε) Beſonders eigenartige Verhältniſſe liegen bei den neuzeitlichen groſsen Waren- und Geſchäftshäuſern unſerer Städte vor. Sie bilden häufig nur einen einzigen Raum mit Treppen und Galerien ohne jegliche Zwiſchenmauern; nur Freiſtützen tragen die Galerien, Decken und Dächer. Aehnliche Verhältniſſe liegen bei manchen Lagerhäuſern und Warenſpeichern vor. Durch ſolche Anordnungen wird eine äuſserſt ungleichmäſsige Belaſtung des Baugrundes hervorgerufen, was bei ſehr widerſtandsfähigem Boden allerdings bedeutungslos iſt, dagegen die weitgehendſten Sicherheitsvorkehrungen nötig macht, wenn der Boden, wie dies in unſeren

225) Nach: Zeitſchr. d. öſt. Ing.- u. Arch.-Ver. 1874, Bl. 39.

gröfseren Städten meift zutrifft, aus grobem Sand oder Lehm oder aus einem Gemifch von beiden befteht.

Unter den Treppenhaus- und den Giebelmauern folcher Gebäude verteilt fich der Druck noch gleichmäfsig; in den Frontmauern dagegen und im Inneren treten die gewaltigen Drücke der Freiftützen auf, die auf den Baugrund ohne jeglichen Zufammenhang einwirken. Auch hier mufs die Belaftung der grofsen Flächen angeftrebt werden. In vielen Fällen werden Erdbogen genügen; meiftens find indes eiferne Trägerfyfteme notwendig, die in Betonplatten eingelegt find. Die Fundamentkörper der einzelnen Freiftützen, die erheblich auf Biegung beanfprucht werden, müffen aus Bauftoffen hergeftellt werden, welche, namentlich in der unterften Schicht, den auftretenden grofsen Biegungsfpannungen Widerftand leiften können. Kalkmörtel, der nahezu gar keine Zugfeftigkeit befitzt, ift hier völlig ausgefchloffen. Dazu kommt noch, dafs die Belaftungen der Freiftützen meift fchief (exzentrifch) wirken, wodurch die Biegungsfpannungen im Fundamentkörper in ungünftigem Sinne beeinflufst werden.

Eiu Weg zur Berechnung folcher Fundamentkonftruktionen wäre der, dafs man die Fundamentflächen für die grofsen Einzellaften um die Fläche der eingelegten Querverbindungen vermehrt und die fo erhaltene Gefamtfläche durch die Summe der Einzellaften dividiert. Der auf diefe Weife erhaltene Einheitsdruck wäre der Berechnung der Erdbogen, bezw. der eifernen Träger zu Grunde zu legen. Durch eine folche Berechnungsweife würde man dem Gedanken gerecht werden, dafs die Einzeldrücke zwar verfchieden find, aber doch durch fymmetrifche Laftverteilungen entftehen, was in den meiften Fällen zutreffen dürfte[226]).

c) Fundamente aus Trockenmauerwerk, Steinpackungen und Steinfchüttungen.

419. Trockenmauerwerk.

Bei weniger wichtigen Bauwerken, bei folchen, die auf eine lange Dauer keinen Anfpruch machen und die den Baugrund nicht ftark belaften, hat man die Fundamente aus Trockenmauerwerk hergeftellt. Derartige Fundamente gewähren nur dann einige Sicherheit, wenn der Baugrund gut ift, wenn möglichft grofse und fefte Steine zur Anwendung kommen, wenn fie in thunlichft regelmäfsigem Schichtenverbande vermauert werden und wenn durch entfprechende Fundamentverbreiterung der Normaldruck auf die Flächeneinheit möglichft klein ift.

Bei einem grofsen Teile der altägyptifchen, hellenifchen und römifchen Bauwerke find die Fundamente aus forgfältig bearbeiteten und ebenfo gefügten Quadern ohne jedes Bindemittel — alfo aus Trockenmauerwerk — ausgeführt (z. B. Parthenon, Thefeion, Erechtheion, Herkules- [früher Vefta-] Tempel in Rom etc.). Viele diefer Bauwerke find auf den gewachfenen Felfen, auf den Gipfeln von Anhöhen und Bergen gegründet; andere üben auf den Untergrund einen nur geringen Druck aus, weil fie meift mächtig und breit ausgeführte Fundamente befitzen und ihr eigenes Gewicht in der Regel nicht bedeutend ift. Die gewählte Gründungsart erfcheint infolgedeffen zuläffig, was u. a. auch der Beftand jener Bauwerke bis heute beweift.

In Finnland wird feit langer Zeit für die Fundamente Trockenmauerwerk verwendet. Man fieht dort eine Menge alter Kirchen, die aus der Zeit der Einführung des Chriftentumes in diefer Gegend herrühren und in folcher Weife gegründet find.

Gegenwärtig wird diefes Gründungsverfahren meift nur benutzt, wenn man an Arbeit und an Mörtel fparen will; man verwendet es für kleinere Nebengebäude, wie Schuppen etc., für einzeln ftehende Mauern, für kleinere ländliche Gebäude, für proviforifche Bauwerke etc. Man hat wohl auch, insbefondere bei ländlichen Gebäuden, die Fugen mit Lehm, bezw. Lehmmörtel, mit Moos, Erde, felbft mit Sand ausgefüllt.

---

[226]) Siehe: THRANER. Konftruktionsgrundfätze bei Gefchäfts- und Lagerhäufern ohne Zwifchenmauern. Zeitfchr. d. Ver. d. Ing. 1900, S. 1176.

Wo Mangel an gröfseren und lagerhaften Steinen ift, hat man die Fundamentgräben wohl auch nur mit einer trockenen Steinpackung ausgefüllt und darauf das Tagmauerwerk gefetzt. Diefe noch weniger folide Gründungsweife kann blofs für Bauwerke untergeordneter Natur angewendet werden. 420. Stein-packungen.

Hierher gehören auch noch die aus Steinfchüttungen oder Steinwürfen hergeftellten Fundamente, welche bisweilen für folche Bauwerke angewendet werden, die im offenen Waffer zu errichten find. Sie gewähren den Vorteil, dafs fie die immer koftfpielige Herftellung einer Baugrube im Waffer nicht erfordern; indes ift ihre Solidität eine fehr geringe. Fundamente aus Steinfchüttungen kommen hauptfächlich für Bauten im Meere (Hafendämme, Moli etc.) in Anwendung. 421. Stein-fchüttungen.

Bezüglich der Gröfse der zu benutzenden Steine fei auf Art. 382 (S. 313) verwiefen. Hat man genügend grofse Steine nicht in hinreichender Menge zur Verfügung, fo kann man wohl auch für den Fundamentkern kleinere Steine verwenden, die Böfchungen dagegen aus möglichft grofsen Steinen herftellen. Ift die Strömung eine fehr bedeutende, fo verwendet man künftliche Betonblöcke von 25 bis 50, felbft bis 100 cbm Rauminhalt und darüber; natürliche Steine von folcher Gröfse kommen meift teuerer zu ftehen.

Die Steinfchüttungen bilden den Uebergang zu den im folgenden Kapitel zu befprechenden »gefchütteten Fundamenten«; in gewiffem Sinne können fie unmittelbar zu letzteren gezählt werden.

Litteratur

über »Gemauerte Fundamente«.

Engel, C. L. Ueber Fundamente aus Bruchfteinen ohne Mörtel. Journ. f. d. Bauk., Bd. 2, S. 23.
Fondation de 47 puits maçonnés exécutés à Madrid. Nouv. annales de la conft. 1867, S. 93.
Spieker. Fundierung eines Monumentes. Zeitfchr. f. Bauhdw. 1872, S. 124.
Ausgeführte Pfeilergründung. Haarmann's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1873, S. 187.
Ueber mangelhafte Ausführung von Fundamentmauerwerk. Centralbl. d. Bauverw. 1881, S. 52.
Koenen, M. Ueber Form und Stärke umgekehrter Fundamentbögen. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 11.

3. Kapitel.

Fundamente aus Beton- und Sandfchüttungen.

Wenn ein genügend widerftandsfähiger Baugrund in angemeffener Tiefe nicht vorhanden ift, auch nicht mit Hilfsmitteln erreicht werden kann, die den verfügbaren Geldmitteln, der vorgefehenen Bauzeit oder dem Zwecke des betreffenden Bauwerkes entfprechen; fo ift man nicht felten genötigt, in nur geringer Tiefe auf ftark prefsbarem Baugrund zu fundieren. Bei der Konftruktion der Fundamente ift alsdann das Hauptaugenmerk auf möglichfte Herabminderung des Einfinkens, namentlich aber auf Verhütung des ungleichmäfsigen Setzens derfelben zu richten. 422. Gefchüttete und Schwellroft-fundamente.

In derartigen Fällen können nicht mehr gemauerte Fundamente angewendet werden, weil diefelben den vom Bauwerk ausgeübten Druck nicht in genügender Weife nach unten verteilen und weil fie bei ungleichmäfsiger Befchaffenheit des Baugrundes partielle, d. i. fchädliche Einfenkungen erleiden. Alsdann empfehlen fich Beton-, Sand- und Fundamente aus liegenden Roften.

a) Betonfundamente.

423. Allgemeines. Konftruktionsteile eines Bauwerkes, die aus Beton hergeftellt find, werden häufig als Gufsmauerwerk bezeichnet; dementfprechend fchliefsen fich an die im vorhergehenden Kapitel behandelten gemauerten Fundamente die Betonfundamente naturgemäfs an.

Das Kennzeichnende diefer Gründungsweife befteht in der Herftellung einer monolithen Fundamentplatte, bezw. eines monolithen Fundamentklotzes, aus einer einheitlichen Maffe ohne jegliche Lager- und Stofsfugen gebildet. Die monolithe Betonplatte, bezw. der monolithe Betonklotz mufs hoch genug fein und eine genügende Grundfläche haben, um den vom darauf ftehenden Bauwerk ausgeübten Druck aufnehmen zu können und in folcher Weife auf den Baugrund zu übertragen, dafs das Fundament keine nachteilige Veränderung erfährt.

Im alten Rom wurden Fundamente aus Gufsmauerwerk vielfach zur Anwendung gebracht, wozu die Befchaffenheit des Baugrundes wefentlich beitrug. Der letztere befteht aus aufgehäuften vulkanifchen Maffen, die ziemlich zähe find und infolgedeffen geftatteten, dafs man die Baugrube mit lotrechten Wänden aushob und diefelbe entweder gar nicht oder nur fehr leicht abzimmerte. Auf folche Weife bildeten die Fundamentgräben ein genügend widerftandsfähiges Bett, in welches das Gufsmauerwerk eingebracht und feftgeftampft werden konnte.

Betonfundamente können ebenfowohl im Trockenen, wie auch in Baugruben ausgeführt werden, aus denen das Grundwaffer gefchöpft wird; in gleicher Weife können fie auch für Bauwerke im Waffer Anwendung finden. Man kann mit Hilfe einer Schicht hydraulifchen Betons das Eindringen des Grundwaffers von unten, wenn nötig auch von der Seite verhüten. Der Beton ift auch in vorzüglicher Weife geeignet, etwaige Unregelmäfsigkeiten der Baufohle auszugleichen. Ueberhaupt bilden Betongründungen, an richtiger Stelle angewendet und in richtiger Weife ausgeführt, ein vorzügliches Gründungsverfahren.

424. Material. Für die Herftellung eines Betonfundaments ift hydraulifcher Beton nicht unbedingt erforderlich; bei Gründungen im Trockenen kann Luftmörtel zur Betonbereitung verwendet werden; dagegen mufs man möglichft rafch erhärtendes Material, am beften Zementbeton wählen, wenn man das Eindringen von Waffer in die Baugrube verhüten will. Für die Güte des zu verwendenden Betons find auch die Belaftung, der er zu widerftehen hat, und der Baugrund, auf den er zu liegen kommt, mafsgebend. Zum Tragen von Bauwerken geringer Ausdehnung und mäfsiger Laft, fowie bei fefterem Baugrunde genügt eine mittlere Befchaffenheit Beton und eine leichte Ausführung. Für das Tragen fchwerer Laften jedoch (4 ^{kg} für 1 ^{qcm} und darüber), zur Ausgleichung des Druckes über ftark prefsbarem Boden oder zu Dichtung von Quellen find die befte Sorte Beton und fehr forgfältige Arbeit erforderlich. Die forgfältigfte Ausführung ift vor allem dann notwendig, wenn das Bauwerk bei grofser Grundfläche, bei grofsem Wafferdruck und durchläffigem Boden ein wafferdichtes Becken bilden foll.

Der letztgedachte Fall tritt bei der Ausführung gröfserer Behälter ein. Ein intereffantes Beifpiel hierfür bietet die Gründung des Bühnenraumes im neuen Opernhaufe zu Paris dar. Man hatte es dort mit einem fehr bedeutenden Grundwafferandrang zu thun; dasfelbe ftrömte unter einer Druckhöhe von ca. 5 ^{m} zu. Um die Räume unterhalb der Bühne trocken zu erhalten, wurde ein grofses Becken aus Zementbeton ausgeführt.

Bezüglich der Betonbereitung und der dazu zu verwendenden Stoffe fei auf Teil I, Band 1, erfte Hälfte diefes »Handbuches« (Abt. I, Abfchn. 1, Kap. 4) verwiefen.

425. Abmessungen.

Die Mächtigkeit des Betonfundaments ift abhängig von der Befchaffenheit des Betons, von der gröfseren oder geringeren Prefsbarkeit des Baugrundes, von der Gröfse der auf dem Fundamente ruhenden Laft und in manchen Fällen von der Druckhöhe, unter welcher der Wafferzudrang in die Baugrube ftattfindet.

Was die erftgenannten drei Faktoren anbelangt, fo kann als Anhaltspunkt dienen, dafs guter hydraulifcher Beton bei ca. 1 m Stärke eine Laft von 4 bis 5 kg für 1 qcm Nutzfläche mit Sicherheit tragen kann, wenn der Baugrund wenig prefsbar ift und die Verhältniffe fonft günftig find; dagegen nur 2,5 kg, wenn ftark nachgiebiger Baugrund vorhanden, oder wenn derfelbe ungleichartig, oder wenn die Belaftung nicht gleichmäfsig verteilt ift. Unter gewöhnlichen Verhältniffen genügt alsdann eine Mächtigkeit des Betonfundaments von 0,75 bis 1,00 m; ja man kann bei geringer Laft auch auf 60, felbft auf 50 cm herabgehen.

Hat man Zweifel über die Tragfähigkeit des Baugrundes oder über die zu erwartende Tragfähigkeit einer Betonplatte von beftimmter Dicke (namentlich bei gröfseren Belaftungen), fo find unmittelbare Verfuche zu empfehlen. Betonblöcke von der beabfichtigten Breite und Mächtigkeit werden auf dem vorhandenen Baugrunde probeweife ausgeführt und Probebelaftungen bis zum $1\frac{1}{4}$- bis $1\frac{1}{2}$fachen des künftigen Druckes vorgenommen; dabei dürfen fich an den Blöcken weder Aenderungen in der äufseren Form, noch in den Höhenverhältniffen zeigen. Es genügt, im vorliegenden Falle die Verfuchslaften nur mit $1\frac{1}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ der endgültigen Laften anzunehmen, weil der Beton im Laufe der Zeit immer härter wird.

Fig. 712.

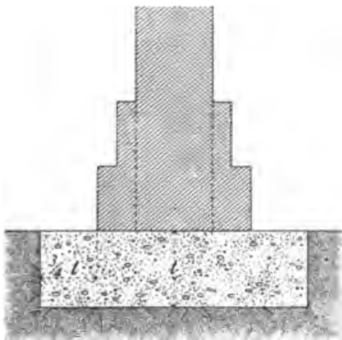
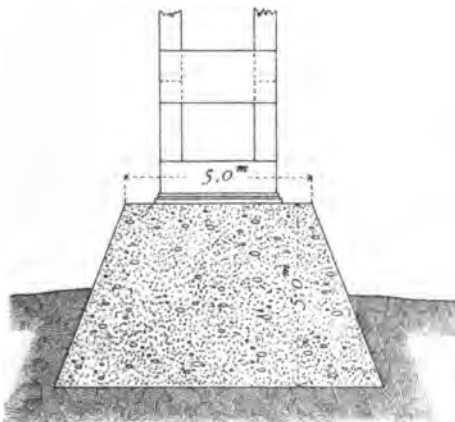


Fig. 713.



Betonfundament einer Freiftütze von der Weltausftellungs-Rotunde in Wien (1873).
1/200 w. Gr.

Zeigt fich in der Baugrube ftarker Wafferandrang und foll die Betonplatte in erfter Reihe dem durch die Wafferzuftrömung entftehenden Auftriebe entgegenwirken, damit alsdann die Baugrube durch Wafferfchöpfen trocken gelegt werden könne, fo läfst fich nach Art. 382 (S. 313) die erforderliche Stärke der Betonfchicht berechnen, indem man die mafsgebende Waffertiefe durch das Gewicht der Raumeinheit Beton (2,0 bis 2,2) dividiert.

Die fo gefundene Stärke ift, wie an der angezogenen Stelle bereits gefagt wurde, jedenfalls zu grofs, da das Waffer bei der Bewegung zwifchen den Bodenteilchen einen Widerftand erfährt, der feine Gefchwindigkeit verringert. Es ift deshalb nicht notwendig, die berechnete Stärke im Intereffe gröfserer Sicherheit zu vermehren; unter Umftänden ift fogar eine Verringerung derfelben zuläffig.

Die Grundfläche eines Betonfundaments ergiebt fich aus feiner Nutzfläche und letztere wieder aus der zuläffigen, im vorhergehenden Artikel bereits angegebenen Belaftung für die Flächeneinheit. Uebt das auf das Betonfundament aufzufetzende Bauwerk einen gröfseren als den gröfsten zuläffigen Druck aus, fo mufs derfelbe durch entfprechende Verbreiterung des betreffenden Mauerwerkes oder der fonftigen Konftruktionsteile herabgemindert werden (Fig. 712). In den allermeiften Fällen genügt es, wenn die Sohle

des Betonfundaments vor der Grundfläche des darauf gefetzten Baukörpers an allen Seiten um etwa $^{3}/_{4}$ feiner Stärke vorfpringt (Fig. 712). Meift werden parallel epipedifch geftaltete Betonplatten zur Aufführung gebracht (Fig. 712); indes kommen auch Betonklötze vor, deren wagrechter Querfchnitt fich nach unten allmählich vergröfsert (Fig. 713).

In Rotterdam und anderen holländifchen Städten werden bei Gründungen auf Moorboden von bedeutender Mächtigkeit Betonfundamente von fehr grofser Breite angewendet, fo dafs die Betonkörper mit fehr breiten Abfätzen vor den betreffenden Mauern vorfpringen. Man erzielt dadurch das gleichmäfsige Einfinken des ganzen Gebäudes, welches anfangs fehr beträchtlich ift, fpäter jedoch ganz aufhört.

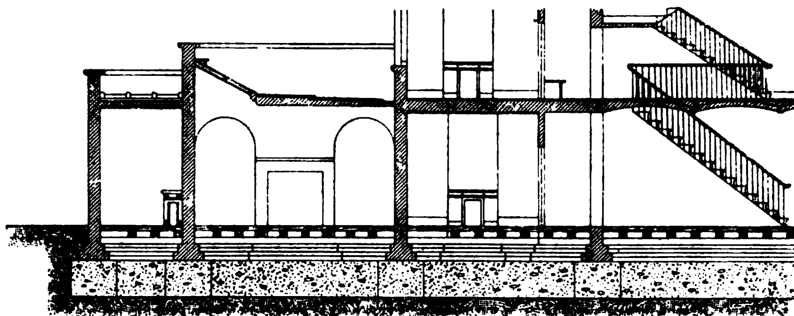
426. Durch Eifeneinlagen verftärkte Betonfundamente.

Um eine beffere Druckübertragung zu erzielen, werden in den Vereinigten Staaten von Nordamerika in die Betonplatten fchmiedeeiferne Träger oder Stahlfchienen eingelegt. In Chicago wird zunächft eine rund 30 cm ftarke Betonplatte zur Ausführung gebracht, und auf diefe werden zwei gleichfalls in Beton verlegte, einander kreuzende Stahlträger von rund 25 cm Höhe oder auch nur Eifenbahnfchienen verlegt; dabei nimmt die obere Trägerlage die Säulenfüfse auf.

427. Durchgehendes Betonfundament.

Handelt es fich um die Gründung eines gröfseren Gebäudes, fo wird in den meiften Fällen jede Wand, bezw. jeder Pfeiler desfelben auf ein befonderes Betonfundament gefetzt. Sind jedoch die Räume eines Gebäudes fehr klein, fo dafs die Wände desfelben einander fehr nahe ftehen, oder ift der Baugrund fehr nachgiebig,

Fig. 714.



Von einem Wohnhaus zu London (*Lowndes ftreet*[227]). — $^{1}/_{200}$ w. Gr.

fo dafs unter ftärkerem Drucke das Emporfteigen feiner nicht belafteten Teile zu befürchten ift, fo legt man unter das ganze Gebäude eine durchgehende Betonplatte.

Das in Londoner Häufern vielfach angewendete Gründungsverfahren ift durch Fig. 714 veranfchaulicht. — Beim Bau der Marienkirche in Stuttgart (Arch.: *v. Egle*) ift jeder der beiden Türme auf eine durchgehende Betonplatte (Portland-Zementbeton) von 140 qm Grundfläche und 1,40 m Dicke gefetzt worden.

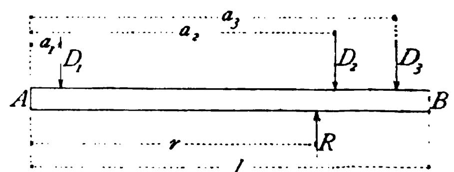
Eine derartige durchgehende Betonplatte mufs in folcher Dicke ausgeführt werden, damit fie unter den ifolierten Drücken der auf diefelbe aufgefetzten Mauern etc. nicht bricht.

Bei bekannten Druckverhältniffen läfst fich die Dicke einer folchen Platte in folgender Weife ermitteln.

Wird eine Betonplatte AB (Fig. 715) durch die ifolierten Drücke D_1, D_2, D_3 ... belaftet, die in den Abftänden a_1, a_2, a_3 ... von der Kante A wirkfam find, fo ift die dadurch hervorgerufene Reaktion R des Baugrundes

$$R = D_1 + D_2 + D_3 \ldots = \Sigma (D).$$

Fig. 715.



227) Nach: *Revue gén. de l'arch.* 1855, Pl. 16, 22.

Der Abſtand r (von der Kante A), in welchem dieſe Reaktion R angreift, beſtimmt ſich aus der Momentengleichung

$$D_1 a_1 + D_2 a_2 + D_3 a_3 + \ldots = R r$$

oder

$$\Sigma (D a) = R r$$

zu

$$r = \frac{\Sigma (D a)}{R} = \frac{\Sigma (D a)}{\Sigma (D)}.$$

Nimmt man den Beton als ganz unelaſtiſch an, was nach vollſtändigem Erhärten desſelben ſehr nahe der Fall iſt, ſo findet, gleichartigen Baugrund vorausgeſetzt, die Verteilung der herrſchenden Drücke nach einer geraden Linie ſtatt, und es ergiebt ſich, wegen der im allgemeinen exzentriſchen Beanſpruchung, als Druckfigur ein Trapez [228]). Alsdann iſt nach Fig. 716, wenn man die Spannungen an den Kanten A und B bezw. mit σ_1 und σ_2 bezeichnet,

Fig. 716.

$$\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} l = R = \Sigma (D),$$

woraus

$$\sigma_1 = \frac{2 R}{l} - \sigma_2.$$

Ferner iſt

$$R r = \frac{\sigma_1 l^2}{2} + \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{2} l \frac{2}{3} l$$

oder

$$R r = \sigma_1 \frac{l^2}{6} + \sigma_2 \frac{l^2}{3},$$

woraus

$$\sigma_1 = \frac{6 R r}{l^2} - 2 \sigma_2.$$

Hiermit den oben gefundenen Wert von σ_1 verglichen, giebt

$$\frac{2 R}{l} - \sigma_2 = \frac{6 R r}{l^2} - 2 \sigma_2,$$

woraus

$$\sigma_2 = \frac{2 R}{l} \left(\frac{3 r}{l} - 1 \right);$$

daher

$$\sigma_1 = \frac{2 R}{l} \left(2 - \frac{3 r}{l} \right).$$

Für einen beliebigen Punkt im Abſtande x von der Kante A iſt die Spannung σ_x aus dem Verhältnis

$$\frac{\sigma_x - \sigma_1}{\sigma_2 - \sigma_1} = \frac{x}{l}$$

zu beſtimmen, ergiebt ſich alſo zu

$$\sigma_x = (\sigma_2 - \sigma_1) \frac{x}{l} + \sigma_1.$$

Für die Ermittelung der Betonplattendicke iſt auch die Beſtimmung der Biegungsmomente erforderlich. Für den durch den Abſtand x von der Kante A gegebenen Punkt iſt das Moment

$$M_x = D_1 (x - a_1) + D_2 (x - a_2) + \ldots - \frac{\sigma_1 x^2}{2} - \frac{\sigma_x - \sigma_1}{2} \cdot \frac{x^2}{3}$$

oder

$$M_x = \Sigma [D (x - a)] - \frac{\sigma_1 x^2}{2} - \frac{\sigma_x - \sigma_1}{2} \cdot \frac{x^2}{3};$$

für σ_x den obigen Wert eingeſetzt, wird

$$M_x = \Sigma [D (x - a)] - \frac{\sigma_1 x^2}{2} - \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{6 l} x^3.$$

Das Biegungsmoment M_x bildet hiernach eine Kurve dritten Grades, deren gröſste Ordinate den Höchſtwert vorſtellt. Differenziert man die letzte Gleichung nach x, ſo erhält man

$$\frac{d M_x}{d x} = \Sigma (D) - \sigma_1 x - \frac{3}{6 l} x^2 (\sigma_2 - \sigma_1) = \Sigma (D) - \sigma_1 x - \frac{x^2}{2 l} (\sigma_2 - \sigma_1) = 0,$$

---

228) Siehe Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieſes »Handbuches«, Art. 320 u. 321, S. 274 u. 275 (2. Aufl.: Art. 111 u. 113, S. 86 u. 89. — 3. Aufl.: Art. 126 u. 129, S. 112 u. 115).

woraus ſich ergiebt

$$x = -\frac{\sigma_1}{\frac{1}{l}(\sigma_2 - \sigma_1)} \pm \sqrt{\left[\frac{\sigma_1}{\frac{1}{l}(\sigma_2 - \sigma_1)}\right]^2 + \frac{\Sigma(D)}{\frac{1}{2l}(\sigma_2 - \sigma_1)}}\,.$$

Dieſe Gleichung iſt in dem durch Fig. 716 dargeſtellten Falle ſowohl für $\Sigma(D) = D_1$, als auch für $\Sigma(D) = D_1 + D_2$ zu löſen, um zu ermitteln, ob das gröſsere Moment zwiſchen D_1 und D_2 oder zwiſchen D_2 und D_3 gelegen iſt.

Für die Beanſpruchung auf Biegung iſt nun [229])

$$\frac{\mathcal{J}}{a} = \frac{M_{max}}{K}\,,$$

wenn mit $\mathcal{J}$ das Trägheitsmoment des Querſchnittes, mit a der Abſtand der am meiſten gezogenen Faſer von der Nulllinie, mit M_{max} das gröſste Moment und mit K die gröſste zuläſſige Beanſpruchung des Betons auf Zug bezeichnet wird.

Iſt, wie in den meiſten Fällen, der Querſchnitt der Betonplatte rechteckig (Breite $= b$, Höhe $= h$), ſo iſt $\mathcal{J} = \frac{b h^3}{12}$. Nimmt man $b = 1$ m an, ſo wird $\mathcal{J} = \frac{h^3}{12}$, und da $a = \frac{1}{2} h$ iſt, wird aus obiger Bedingungsgleichung

$$h = \sqrt{\frac{6\,M_{max}}{K}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 239.$$

Beiſpiel. Für den durch Fig. 715 näher bezeichneten Fall ſeien die von 3 Parallelmauern eines Hauſes (auf eine Tiefe von 1 m ſenkrecht zur Bildfläche) ausgeübten Drücke $D_1 = 9600$ kg, $D_2 = 6800$ kg und $D_3 = 9600$ kg, dabei $a_1 = 1{,}42$ m, $a_2 = 8{,}12$ m und $a_3 = 11{,}12$ m; ferner ſei $l = 12{,}55$ m.

Alsdann iſt

$$R = 9600 + 6800 + 9600 = 26\,000 \text{ kg},$$

$$r = \frac{9600 \cdot 1{,}42 + 6800 \cdot 8{,}12 + 9600 \cdot 11{,}12}{26\,000} = 6{,}75 \text{ m},$$

$$\sigma_2 = \frac{2 \cdot 26\,000}{12{,}55}\left(\frac{3 \cdot 6{,}75}{12{,}55} - 1\right) = 2544 \text{ kg}$$

und

$$\sigma_1 = \frac{2 \cdot 26\,000}{12{,}55}\left(2 - \frac{3 \cdot 6{,}75}{12{,}55}\right) = 1599 \text{ kg}.$$

Der Geſamtdruck auf den Baugrund beträgt hiernach

$$12{,}55\,\frac{2544 + 1599}{2} + \text{Gewicht der Betonplatte} = 26\,000 \text{ kg} + \text{Gewicht der Betonplatte}.$$

Das Biegungsmoment für einen beliebigen Punkt war

$$M_x = \Sigma\,[D\,(x - a)] - \frac{\sigma_1 x^2}{2} - \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{6\,l}\,x^3;$$

daher wird für den Angriffspunkt des Druckes D_2

$$M = 9600\,(8{,}12 - 1{,}42) - 1599\,\frac{8{,}12^2}{2} - \frac{75{,}3}{2} \cdot \frac{8{,}12^3}{3} = 4886 \text{ mkg}.$$

Der Abſtand x, für den das Biegungsmoment zwiſchen D_1 und D_2 den Höchſtwert erreicht, folgt aus der Gleichung

$$0 = 9600 - 1599\,x - 37{,}7\,x^2$$

zu

$$x = -\frac{1599}{75{,}4} \pm \sqrt{\left(\frac{1599}{75{,}4}\right)^2 + \frac{9660}{37{,}7}} = 5{,}3 \text{ m};$$

daher das gröſste Moment

$$M_{max} = 9600\,(5{,}3 - 1{,}42) - \frac{1599}{2}\,5{,}3^2 - \frac{2544 - 1599}{6 \cdot 12{,}55}\,5{,}3^2,$$

$$M_{max} = 12\,990 \text{ mkg}.$$

Die Abſciſſe des gröſsten Biegungsmoments zwiſchen D_2 und D_3 folgt aus der Gleichung

$$0 = 9600 + 6800 - 1599\,x - 37{,}7\,x^2 = \backsim 8{,}2 \text{ m},$$

d. h. daſelbe fällt mit dem Moment M zuſammen, und das berechnete $M_{max} = \backsim 13\,000$ mkg iſt wirklich das gröſste Biegungsmoment, welches in der fraglichen Betonplatte auftritt.

---

229) Nach Gleichung 36, S. 262 (2. Aufl.: Gleichung 44, S. 65. — 3. Aufl.: Gleichung 59, S. 77) in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieſes »Handbuches«.

Die Dicke h dieser Platte ergiebt sich, wenn man $K = 2$ kg für 1 qcm (= 20000 kg für 1 qm) annimmt, nach Gleichung 239 zu

$$h = \sqrt{\frac{6 \cdot 13000}{20000}} = 1{,}97 \text{ m}.$$

Die aus Gleichung 239 berechnete Dicke einer durchgehenden Betonplatte ergiebt sehr hohe Werte, weil die Mitwirkung des unter der Betonplatte befindlichen Baugrundes nicht mitberücksichtigt ist; eine solche Dicke wird demnach nur bei ganz lockerem Baugrund notwendig sein. Wollte man die Mitwirkung des Baugrundes mit in Rechnung ziehen, so hätte man ein ähnliches Verfahren zu wählen, wie es *Winkler*[280]) für die Berechnung des eisernen Langschwellenoberbaues der Eisenbahnen eingeschlagen hat. Hierdurch ergiebt sich indes eine so verwickelte Rechnung, und es wären noch so viele Erfahrungszahlen zu ermitteln, dass man wohl von einer solchen Rechnungsweise absehen muss. Am vorteilhaftesten dürfte es sonach sein, die Dicke h nach Gleichung 239 zu ermitteln und dann, der jeweiligen Beschaffenheit des Baugrundes entsprechend, einen bestimmten aliquoten Teil dieser Dicke der Ausführung zu Grunde zu legen, d. h. eine Dicke h' zu wählen, welche

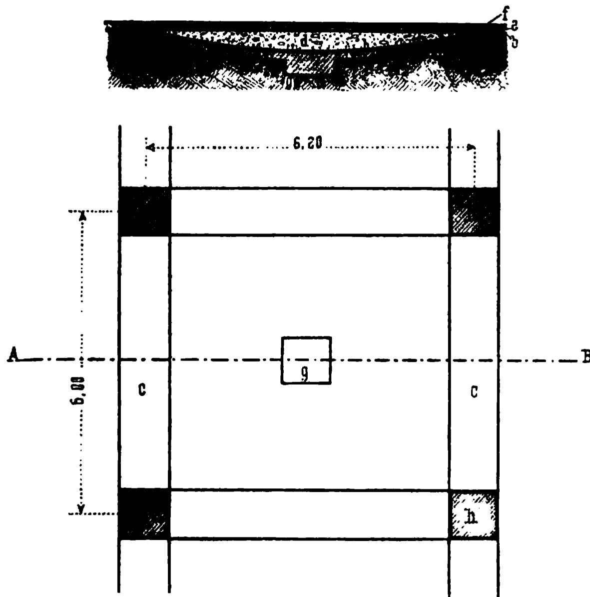
$$h' = \alpha h$$

beträgt, worin α eine Erfahrungsziffer ist, die bei ganz lockerem Baugrund, der gar nicht mitträgt, gleich 1 ist und mit steigender Widerstandsfähigkeit desselben bis zu $^1/_3$ anwachsen kann.

428. Weitere Anwendung durchgehender Betonplatten.

Durchgehende Betonfundamente sind auch dann mit Vorteil anzuwenden, wenn der Baugrund Rutschungen befürchten läfst. Treten letztere ungeachtet aller sonst noch getroffenen Vorkehrungen ein, so bewegt sich die Betonplatte mit dem ganzen darauf stehenden Gebäude, nicht einzelne Teile des letzteren; unter Umständen bleibt dabei das Gebäude unversehrt, wie die letzten Bergrutsche in Aachen gezeigt haben.

Fig. 717.



Von der Markthalle IV zu Berlin — $^1/_{150}$ w. Gr.

Eine neuere städtische Schule in Aachen wurde auf eine 90 cm starke Betonschüttung gesetzt, welche, durch ein System von vernieteten I-Trägern in festem Rahmen gehalten, eine feste Tafel bildet, innerhalb deren, den Scheidewänden entsprechend, ebenfalls I-Träger eingelegt sind. Diese Betonplatte liegt auf einer mehrere Meter hohen Sandschicht, unter der sich fast unergründlicher, nasser Kleiboden befindet; die Sandschicht ist durch Stützmauern gegen seitliches Ausweichen geschützt.

Durchgehende Fundamente aus Zementbeton sind ferner zu empfehlen, wenn die Kellersohle eines Gebäudes gegen das Eindringen des Grundwassers zu schützen ist (vergl. Art. 382, S. 311); unter besonders schwierigen Verhältnissen

280) In: WINKLER, E. Vorträge über Eisenbahnbau etc. Heft 1: Der Eisenbahn-Oberbau. 3. Aufl. Prag 1875. Kap. 17: Elasticitäts- und Festigkeitstheorie der Schienen.

kommen gleichzeitig umgekehrte Gewölbe (fiehe Art. 418, S. 340) und Betonlagen zur Anwendung.

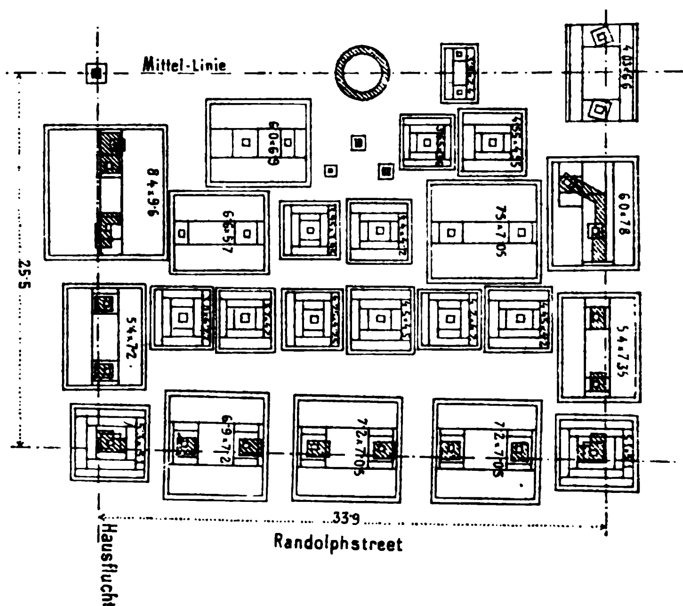
Eine Anlage letzterer Art wurde mit befonderer Sorgfalt in der Markthalle IV zu Berlin (Dorotheenftrafse) ausgeführt, wo es fich um die Dichtung von etwa 5000 qm Kellerfufsböden gegen ftarken Grundwafferandrang handelte. Der Fufsboden des Kellers liegt 94 cm unter dem höchften Grundwafferftand und erforderte deshalb befondere Mafsregeln zur vollftändigen Trockenerhaltung. Zunächft wurde der Baugrund fo abgegraben, dafs er als Unterlage für die umgekehrten Gewölbe *a* (Fig. 717) geeignet war; letztere wurden fodann aus fchichtenweife aufgebrachtem und feft geftampftem Zementbeton 12 cm ftark hergeftellt. Jedes diefer Gewölbe fpannt fich mit 35 cm Stich gegen umgekehrte Gurtbogen *c*, welche zwifchen die vorhandenen Fundamentpfeiler *h* in der kürzeren Richtung zur Ausführung gekommen find. Auf diefe Betongewölbe wurde eine 25 mm dicke, wafferdichte Zementdeckfchicht *b* aufgebracht und die Oberfläche derfelben mit reinem Zement geglättet, um alle Poren forgfältig zu verfchliefsen. Nach Erhärten diefer wafferdichten Deckfchicht wurde Füllmaterial *d*, beftehend aus Sand und Ziegelbrocken, aufgetragen; dasfelbe foll auch gleichzeitig zur Belaftung dienen. Auf das feft geftampfte Füllmaterial kam der fog. Arbeitsboden *e* zu liegen, welcher aus Zementbeton in 8 cm Stärke ausgeführt wurde; fchliefslich wurde noch eine Deckfchicht *f* aus Zement, 2 cm dick, ausgearbeitet.

Wenn die Kellerfufsböden Ausbefferungen erfordern werden, fo brauchen fich letztere, infolge der gewählten Konftruktion, nur auf den Arbeitsboden zu erftrecken; der eigentlich dichtende Boden bleibt dabei unberührt. Gegen das Brechen, bezw. Setzen der Gewölbe *a* nach dem Zurückgehen des Hochwaffers wurden kleine Fundamente *g* aus Zementbeton hergeftellt.

Die Firma *J. Sonath & Co.* zu Berlin, welche die eben befchriebene Anlage ausgeführt hat, hat auch für Gebäude anderer Art ganz ähnliche Konftruktionen zur Anwendung gebracht.

Ift die Belaftung der Betonplatte fehr ungleichmäfsig oder ift der Baugrund fehr ungleichartig, fo treten fehr grofse Biegungsfpannungen auf, und das Auftreten von Riffen in der Platte ift zu erwarten. Statt nun letzteres abzuwarten, kann es fich, wie mehrfach in amerikanifchen Grofsftädten gefchehen ift, empfehlen, die Betonplatte von vornherein in einzelne voneinander unabhängige Teile zu zerlegen. Man hat die Platte in Vierecke, die in ihrem Flächeninhalt dem herrfchenden Drucke proportional bemeffen find, zerteilt. Ein Beifpiel hierfür bietet der Fundamentplan des Freimaurertempels zu Chicago in Fig. 718, woraus auch zu erfehen ift, wie gering der unbelaftete Teil der gefamten Grundfläche ift.

Fig. 718.



Fundamentplan des Freimaurertempels zu Chicago[231]).

429.
Verankerung der durchgehenden Betonplatten.

Wenn man den durchgehenden Betonplatten die notwendige Dicke nicht geben kann oder will, wenn man alfo das Auftreten folcher Biegungsfpannungen befürchtet, dafs Trennungen eintreten werden, oder wenn der unter der Betonplatte befindliche

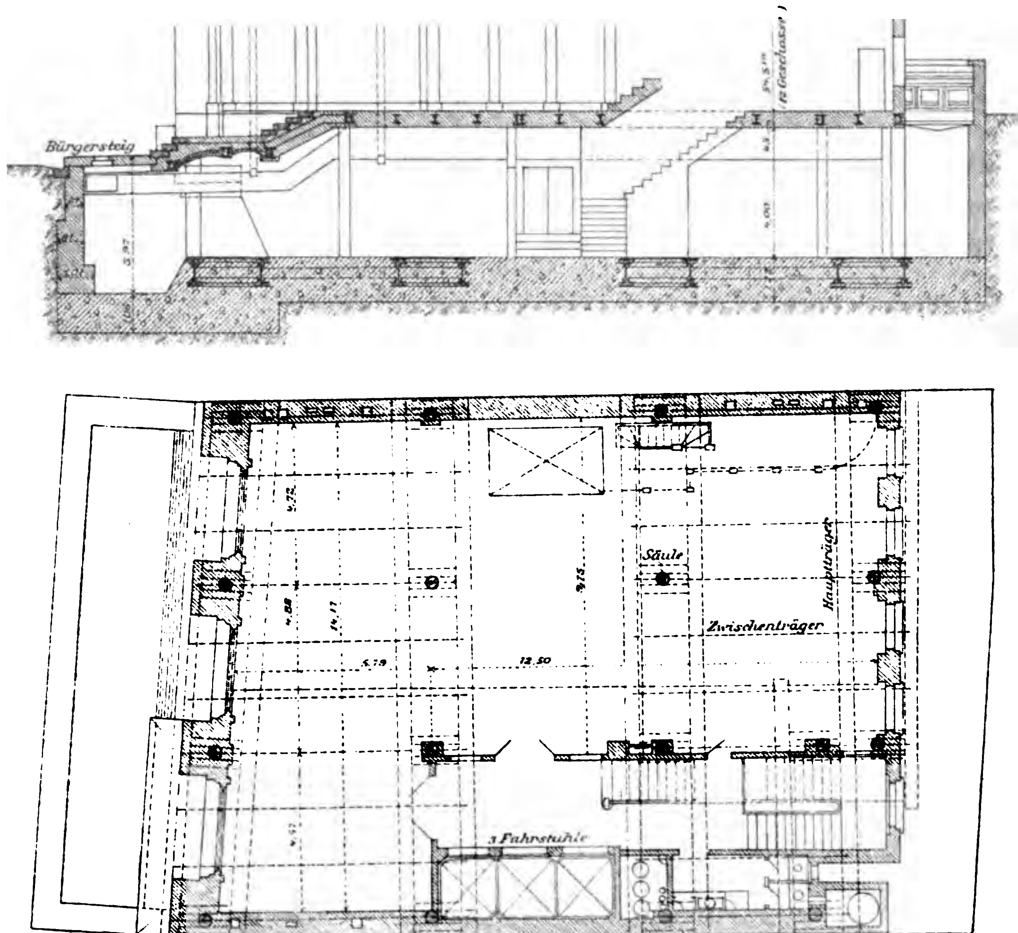
231) Fakf.-Repr. nach: Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1893, S. 424.

Baugrund fo ungleichmäfsig ift, dafs gleiche Erfcheinungen zu erwarten find, fo hat man in folche Platten auch fchon eiferne Verankerungen eingelegt.

Bei der 1846 erbauten Nicolaikirche zu Hamburg wurden in die 2,50 bis 3,50 ftarke Betonplatte Bandeifen eingelegt.

In den nordamerikanifchen Städten hat man, ähnlich wie dies bereits in Art. 429 (S. 350) für gewöhnliche Betonfundamente erwähnt worden ift, auch in die durchgehenden Betonplatten Eifen- oder Stahlträger eingelegt. Die Verwendung diefer Gründungsart veranfchaulich Fig. 719, welche dem von *Lemos & Cordes* erbauten Gefchäftshaus in der *Pine-Street* zu New-York angehören.

Fig. 719.



Gründung eines Gefchäftshaufes in der *Pine-Street* zu New-York [232]). — 1/150 w. Gr.

Hierdurch ift der Uebergang zu den Betoneifenroften, von denen in Kap. 4, unter c noch die Rede fein wird, vermittelt.

Bezüglich der Ausführung der Betonfundamente ift noch das folgende zu beachten. 430. Ausführung.

1) Kommt in der Baugrube kein Grundwaffer vor, fo wird, nachdem die Sohle derfelben nach Thunlichkeit geebnet wurde, die Betonfchüttung fchichtenweife eingebracht und abgerammt. Die Dicke der einzelnen Lagen foll nicht unter 15 cm

232) Fakf.-Repr. nach: Zeitfchr. f. Bauw. 1895, Bl. 28.

betragen; fie foll aber auch nicht 25 bis 35 cm überfchreiten, weil fonft das Rammen zu wenig wirkfam ift. Das letztere wird in der Regel mit Handrammen vorgenommen und dabei der Beton mit Waffer begoffen; das Dichten würde vollkommen gefchehen, wenn man ftatt der Rammen fchwere Handwalzen anwenden würde; letztere liefsen fich auch unter Waffer anwenden. Indes find auch fchon Stampf- oder Stauchmafchinen zur Anwendung gekommen.

Das Hinzuführen von Waffer ift in trockenem Boden von Wichtigkeit, damit nicht letzterer dem Beton das zu feiner Erhärtung notwendige Waffer entziehe. Wenn fich Betonfundamente im Trockenen nicht bewährt haben, wenn hier und da das Vorurteil entftanden ift, dafs fich diefelben nur für naffen Boden eignen, fo dürfte meift der Grund in der fehlenden oder mangelhaften Benetzung des Betons zu fuchen fein.

Die Fundamentgräben werden im vorliegenden Falle mit lotrechten Wänden ausgehoben; ift der Boden nicht feft genug, fo mufs eine Auszimmerung vorgenommen werden. Ift zu befürchten, dafs fich von den Baugrubenwänden Erdteilchen losbröckeln und zwifchen die Betonmaffe geraten, fo mufs dies durch vorgelegte Bretter verhütet werden, da fonft der Beton verdorben wird.

Der Beton wird entweder in der Baugrube felbft oder aufserhalb derfelben gemengt. Unter fonft gleichen Verhältniffen ift das letztere Verfahren vorzuziehen; bei nicht zu grofser Tiefe der Baugrube wird alsdann der Beton hinabgeworfen, bei gröfserer Tiefe auf fchiefen Ebenen oder Rutfchen, die nach der Baufohle geneigt find, hinabgelaffen.

Im alten Rom wurden die aus Gufsmauerwerk gebildeten Fundamente in der Weife ausgeführt, dafs man auf der Sohle der Fundamentgräben zunächft eine Mörtelfchicht von mindeftens 10 bis 15 cm Dicke ausbreitete. Auf diefe wurde eine ebenfo dicke oder nur wenig dickere Schicht von Steinbrocken gefchüttet; letztere hatten höchftens eine Korngröfse von 8 bis 10 cm. Diefe Schicht wurde fo lange geftampft, bis alle Zwifchenräume derfelben mit Mörtel ausgefüllt waren. Hierauf kam wieder eine Mörtelfchicht, alsdann wieder eine Steinbrockenfchicht; letztere wurde wieder geftampft etc.

2) Das eben befchriebene Verfahren ift auch noch zuläffig, wenn in der Baugrube das Waffer einige Centimeter hoch fteht. Ift dagegen die Waffermenge eine gröfsere, fo wird vor und während des Einbringens des Betons die Baugrube trocken gelegt, was in den meiften Fällen auch während der Grundgrabung notwendig gewefen fein wird. Ift die lockere, abzugrabende Bodenfchicht fehr lofe, fo dafs zu befürchten fteht, die Erdmaffen würden beim Wafferfchöpfen nach der Baugrube fich bewegen, fo umfchliefst man diefelbe mit einer möglichft dichten Spundwand; bisweilen kann man die letztere auch durch eine kräftige Stülpwand erfetzen. Innerhalb diefer Umfchliefsungswände wird unter fteter Wafferhaltung die Grundgrabung und die Betonierung vorgenommen. Die Spundwand bleibt am beften, zum Schutze des Betonfundaments gegen feitliches Ausweichen des darunter befindlichen, vom Waffer erweichten Bodens, ftehen; doch empfiehlt es fich, fie unter dem niedrigften Grundwafferfpiegel abzufchneiden und mit einem Holm zu verfehen.

Bei manchen Bodenarten (Sand- und Kiesfchichten) tritt die vollftändige Auflockerung ein, wenn man aus der Baugrube das Waffer zu fchöpfen beginnt; das ftets nachdringende Grundwaffer bringt die Sohle der Baugrube vollftändig in Bewegung. In folchen Fällen hat man vom fofortigen Trockenlegen der Baugrube abzufehen, mufs vielmehr zunächft auf ihrer Sohle eine Betonfchicht von entfprechender Dicke ausbreiten und erft nach Erhärtung derfelben das Waffer auspumpen. Eine folche Betonlage kann auch dazu dienen, einzelne Quellen zu fchliefsen und ihre fchädliche Einwirkung auf das Fundament aufzuheben (vergl. Art. 400, S. 327).

Um derartige Betonfchichten herzuftellen, ift es nicht zuläffig, dafs man den Beton ohne weiteres in das Waffer fchüttet, weil alsdann der Mörtel ausgefpült und

die Erhärtung des Betons nicht eintreten würde. Man mufs in folchen Fällen den Beton in möglichft gefchloffene Behälter bringen, welche die Berührung mit dem Waffer thunlichft verhüten und in denen der Beton auf die Baufohle verfenkt wird; unten angekommen, werden die Behälter entleert. Für die im Hochbauwefen vorkommenden Ausführungen erhalten derlei Behälter nur einen kleinen Rauminhalt (70 bis 80 l), um fie einfach und bequem handhaben und in jeden Winkel der Baugruben leiten zu können. Man hat kleine Blechkaften, die an Stielen (fchaufelartig) befeftigt find, hölzerne Eimer, Körbe aus Rohrgeflecht oder Säcke in Anwendung gebracht.

α) Die in erfter Reihe genannten Betonfchaufeln erhalten eine folche Gröfse, dafs fie in gefülltem Zuftande bequem von einem Arbeiter gehandhabt werden können. Der Arbeiter läfst die Schaufel mit Hilfe des Stieles auf die Sohle der Baugrube hinab und fchüttet den Kaften aus. Der Beton erleidet die geringfte nachteilige Veränderung, wenn die Kaften mit Deckeln verfehen find, die fich beim Ausfchütten von felbft öffnen.

β) Die hölzernen Eimer find Hand- oder Waffereimer gewöhnlicher Art, in deren Boden fünf bis fechs Löcher von etwa 10 bis 15 mm Weite gebohrt werden. An der Unterfeite des Bodens befindet fich in der Mitte eine eiferne Krampe. Der Eimer, mit dem fonft auch üblichen eifernen Bügel verfehen, wird über Waffer mit Beton gefüllt und an der Verfenkungsftelle auf ein ausgefchlitztes Brett fo hingeftellt, dafs der Arbeiter den Wirbel einer gewöhnlichen Kuhkette leicht durch die Krampe am Boden fchieben kann. Alsdann wird der an einer Stange angebrachte Eimerhaken in den Eimerbügel gehakt und der Eimer mit Hilfe diefer Stange hinabgefenkt. Sobald er unten auffitzt, wird die Senkftange ausgehakt und der Eimer durch Anziehen der Kette vorfichtig gekippt; nach vollzogener Entleerung wird er, in umgekehrter Stellung an der Kette hängend, heraufgezogen. Da derlei Eimer oben unbedeckt find, kommt der Beton mit dem Waffer viel in Berührung.

γ) Die Körbe haben die Form von vierfeitigen abgeftutzten Pyramiden; der Boden derfelben wird durch zwei Klappen gebildet, deren Gelenke aus Kupferdraht hergeftellt find. Die untere Klappe, welche mit der Verfenkungskette in Verbindung gebracht wird, ift länger und bedeckt die obere Klappe. Beim Hinunterlaffen des gefüllten Korbes hält die Kette die Bodenklappen gefchloffen. Sitzt der Korb auf der Sohle auf, fo wird er an den feitwärts befeftigten Seilen in die Höhe gezogen, wobei fich die Klappen öffnen und der Beton herausfällt.

δ) Säcke werden feltener angewendet. Man kann gewöhnliche Kaffeefäcke benutzen, die durch aufgenähte Gurte widerftandsfähiger gemacht werden. An der unteren offenen Seite werden Ringe (etwa 1 cm weit) eingenäht; am anderen Ende wird ein fteifes Rundholz befeftigt. Der Schlufs des gefüllten Sackes wird durch zwei Nadeln bewirkt, welche durch die gedachten Ringe gefteckt werden. An die Nadeln werden Leinen befeftigt, die während des Herablaffens des Sackes fchlaff herabhängen. Nach dem Auffitzen des Sackes auf der Sohle werden die Nadeln herausgezogen und der Sack in die Höhe gewunden, wobei der Beton herausfällt[233]).

Man hat wohl auch Rohre angewendet, welche nach der Baugrube zu ein ftarkes Gefälle haben und durch welche der Beton in diefelbe hinabgefchüttet wird; indes kommt hierbei der Beton zu viel mit dem Waffer in Berührung, fo dafs der Mörtel herausgefpült wird; auch verftopfen fich die Rohre leicht.

3) Hat man ein Betonfundament im offenen (ftehenden oder fliefsenden) Waffer herzuftellen, fo mufs zunächft die Umfchliefsung der Baugrube, fei es mittels dichter Spund- oder Pfahlwand, fei es mittels Fangdamm oder Schwimmkaften, vorgenommen werden. In den im Hochbau verhältnismäfsig felten vorkommenden Fällen diefer Art wird alsdann die Baugrube in der Regel wafferfrei gemacht und die Betonierung in der bereits gedachten Weife ausgeführt; indes ift nicht ausgefchloffen, dafs die Betonierung unter Waffer gefchieht, indem man den Beton in Trichtern oder in allfeitig gefchloffenen Kaften (von 0,06 bis 0,15 cbm Inhalt[234]) verfenkt.

233) Näheres in: Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1881, S. 17.

234) Ueber Einrichtung und Gebrauch folcher Betontrichter und -Kaften ift Näheres zu erfehen aus:
Caiffes à couler le béton. Nouv. annales de la conft. 1855, S. 37.

Man hat in diefem Falle fich wohl auch der vorhin gedachten Betonfchaufeln bedient; indes follte dies nur bei untergeordneten Bauwerken und in Ausnahmefällen gefchehen. Bei der gröfsten Vorficht findet ftets ein, wenn auch geringes Ausfpülen des Mörtels ftatt, und über jeder Betonfchicht bildet fich Kalkfchleim; diefer mufs vor dem Aufbringen einer neuen Betonlage forgfältig entfernt werden, weil er den Zufammenhang der einzelnen Lagen beeinträchtigt.

Auch bei Betongründungen im Waffer mufs das Fundament durch eine Spundwand gegen Unterfpülung gefchützt werden; unter Umftänden wird zu gleichem Zwecke auch noch eine Steinfchüttung angeordnet.

431. Afphaltbeton. In denfelben Fällen, für die fich das bereits in Art. 408 (S. 332) vorgeführte Afphaltmauerwerk empfiehlt, kann auch Afphaltbeton mit Vorteil verwendet werden.

Die Gufsform dafür wird nach *Malo* in gleicher Weife, wie für Afphaltmauerwerk gebildet. Der Maftixafphalt wird auf 180 bis 200 Grad erhitzt und 50 bis 60 Vomhundert feines Gewichtes Kiefelfteine (in der Gröfse, wie fie beim Macadam angewendet wird) hineingefchüttet. Die Mifchung wird unter fortwährendem Umrühren weiter gekocht, bis fie von neuem die Temperatur erreicht hat, die fie durch Einführen der Kiefel verloren hat. Nunmehr giefst man die Mifchung in die Gufsform und drückt dabei den Steinfchlag kräftig zufammen, jedoch nicht fo ftark, dafs er zerbricht. Nach dem Erftarren des Maftix erhält man einen feften, unveränderlichen und elaftifchen Fundamentblock.

432. Anwendung. Die Anwendung der Betongründung ift eine im Hochbauwefen noch nicht genügend verbreitete, obwohl fie fich in äufserft verfchiedenartigen Fällen als zweckmäfsig erwiefen hat. In diefer Beziehung find die nachftehenden Momente hervorzuheben.

1) Betonfundamente find unter jenen Verhältniffen anzuwenden, die in Art. 422 (S. 343) angeführt wurden; fie können alsdann unter Umftänden auch durch Sandfchüttungen oder durch Schwellrofte erfetzt werden. Vor den letzteren bietet der Beton den Vorteil dar, dafs man es mit einem monolithen Fundamentkörper zu thun hat, dafs man von der Lage des Grundwafferfpiegels völlig unabhängig ift und dafs ein aus hydraulifchem Beton hergeftellter Fundamentkörper nach unten zu wafferdicht abfchliefst. Den Sandfchüttungen gegenüber zeigen Betonierungen den Uebelftand gröfserer Koften; allein fie preffen fich unter der darauf gefetzten Laft weniger zufammen und find auch fpezififch fchwerer, daher geeigneter für Fundamente als Sandfchüttungen.

Die Gründung des Kirchturmes in Liebfchütz (Sachfen) liefert ein intereffantes, hier einfchlägiges Beifpiel. Der zuerft dort erbaute Turm ftürzte bald nach der Vollendung ein; der zweite mufste, nachdem er einige Jahre geftanden hatte, wegen Baufälligkeit abgetragen werden. Die Urfache diefer Kataftrophen lag darin, dafs man gemauerte Fundamente auf eine fumpfige, weiche und mit Lehmteilchen gemifchte Erdfchicht gefetzt hatte. Bei der dritten Aufführung des Turmes wurde ein Betonfundament (1 Teil Sternzement, 1 Teil gelöfchter Kalk, 2 Teile fcharfer Flufsfand und 6 Teile Granitbrocken mit Schmiedefchlacken) von 1 m Stärke ausgeführt, welches fich vollftändig bewährt hat[235]).

2) Auch bei fefterem Baugrunde kann man nicht felten Betonfundamente anwenden; ja man kann wohl auch voll gemauerte Fundamente durch betonierte erfetzen, namentlich dann mit Vorteil, wenn das Waffer ftörend auf die Gründung einwirkt, gleichviel, ob diefe Störungen durch ftarken und zerftörenden Grundwafferzudrang oder durch offenes Waffer herbeigeführt werden. Indes ift hierbei ftets

---

Breymann, G. A. Allgemeine Bau-Conftructions-Lehre. Theil IV. 2. Aufl. von A. Scholtz. Stuttgart 1881. S. 379.
Menzel, C. A. & J. Promnitz. Die Gründung der Gebäude. Halle 1873. S. 154.
Frauenholz, W. Bau-Conftructions-Lehre für Ingenieure. Bd. 3. München 1877. S. 363.
Klasen, L. Handbuch der Fundirungs-Methoden. Leipzig 1879. S. 67.
Feldegg, E. v. Allgemeine Conftructionslehre des Ingenieurs. Nach Vorträgen von R. Baumeister. Carlsruhe 1879. Fundirungen. S. 606.
Handbuch der Ingenieurwiffenfchaften. Band 1. Herausgegeben von E. Heusinger v. Waldegg. 2. Aufl Leipzig 1884. S. 344.

235) Näheres hierüber: Deutfche Bauz. 1874, S. 190.

zu beachten, dafs unter gewöhnlichen Verhältniffen der Beton teuerer als gutes Fundamentmauerwerk und dafs letzteres auch tragfähiger ift, wie erfterer. Will man eine gleiche Widerftandsfähigkeit des Fundaments erzielen, fo mufs man dem Betonkörper eine gröfsere Mächtigkeit geben als dem Mauerwerk, oder man mufs im erfteren Falle eine gröfsere Gründungstiefe vorfehen als in letzterem.

Beifpiel. Beim Bau des Reichsbankgebäudes in Bremen fand fich ein fehr lockerer, aufgefüllter Sandboden vor, der vom Druck benachbarter Gebäude fchon bei 4 m Abftand feitlich auswich; der in gröfserer Tiefe vorhandene, gewachfene Boden war noch weniger tragfähig. Die Berechnung, die an einem älteren, zwar abzubrechenden, doch wohl erhaltenen Gebäude angeftellt wurde, ergab, dafs diefer aufgefüllte Boden 0,69 kg für 1 qcm ohne jedes Setzen trug. Nunmehr wurde der Druck eines jeden Mauerftückes des beabfichtigten Neubaues auf den Baugrund berechnet; es ergab fich z. B. bei den Säulenfundamenten ein Druck von 83471 kg; dies durch 0,69 dividiert, ergab als erforderliche Fundamentfläche 120970 qcm. Diefelbe wurde um $^1/_9$ verringert, weil das alte Gebäude nur Kalkmauerwerk hatte, das neue aber Zementbeton und Grundmauerwerk in verlängertem Zementmörtel erhalten follte. Die hiernach mit 108000 qcm fich ergebende Fundamentfohle ift mit 3,00 $\times$ 3,60 m für jede Säule in 50 cm ftarker Betonfchicht ausgeführt und hierauf ein 1 m hohes Fundamentmauerwerk, deffen Schichten um je $^1/_4$ Stein beiderfeits abfetzen und fo zum Kern der Kellermauern fich verjüngen.

3) Betongründungen werden endlich ftatt anderer Gründungsweifen angewendet, wenn die Koften dadurch geringer werden.

Wollte man z. B. bei gröfserer Mächtigkeit der ftark prefsbaren Bodenfchicht diefelbe bis auf den tragfähigen Baugrund ausheben, fo könnte man zwar auf diefen unmittelbar das Fundamentmauerwerk fetzen; allein die Koften der Grundgrabung und der Mauerung wären fehr bedeutend. Man kann unter Umftänden bezüglich der Baukoften vorteilhafter verfahren, wenn man eine geringere Gründungstiefe in Ausficht nimmt und mittels Beton auf etwas prefsbarem Boden gründet.

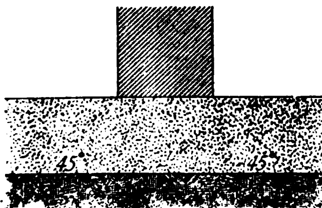
Man kann in folchen Fällen zwar auch Pfahlroftfundamente in Anwendung bringen, indem man mit Hilfe der Pfähle die vollftändig tragfähige Bodenfchicht zu erreichen trachtet; allein auch der Pfahlroft wird unter Umftänden teuerer zu ftehen kommen als der Beton, fo dafs man erfteren durch letzteren erfetzt. Ueber die Vereinigung von Pfahlroft mit Betonplatte wird noch im nächften Abfchnitt (Kap. 1, unter b) die Rede fein.

b) Fundamente aus Sandfchüttungen.

An reinem, grobkörnigem Quarzfand find die folgenden, zum Teile bereits in den Fufsnoten 181 u. 182 (S. 303) hervorgehobenen, für den Grundbau wichtigen Eigenfchaften beobachtet und durch Verfuche erhärtet worden. 433. Eigenfchaften des Sandes.

1) Der auf eine Sandfchicht ausgeübte Druck wird in günftiger Weife nach unten verteilt; der auf die Sohle diefer Sandfchicht wirkfame Druck auf die Flächeneinheit kann bei genügender Mächtigkeit der Sandfchicht auf ein verhältnismäfsig geringes Mafs gebracht werden.

Fig. 720.



Verfuche haben ergeben, dafs fich der auf die Sandfchicht wirkfame Druck nahezu unter 45 Grad nach unten verteilt (vergl. Fig. 720 und Art. 379, S. 306). *Hagen* hat ferner auf experimentellem Wege nachgewiefen, dafs beim Aufbringen einer Sandfchicht der Druck auf ihre Unterlage anfangs mit der Zunahme der Höhe auch wächft. Erhöht man die Schüttung immer mehr, fo wird das Wachstum jenes Druckes immer kleiner, bis es endlich ganz aufhört. Ueberfchreitet die Mächtigkeit der Sandfchicht diefe Höhe, fo bleibt der Druck auf ihre Unterlage konftant.

2) Wenn der Sand durch feitliche Umfchliefsung gegen das Auseinanderquillen gefchützt ift, fo zeigt er bei aufgebrachter Belaftung zwar eine ziemlich bedeutende Prefsbarkeit; fobald jedoch die Zufammendrückung ein gewiffes gröfstes Mafs erreicht hat, verwandelt fich der Sand in eine kaum prefsbare Schicht[236]).

[236]) An diefer Stelle mag auf die in den Fufsnoten 181 u. 182 (S. 303) angeführten Verfuche *Hagen*'s verwiefen werden, die fich zum nicht geringen Teile auf die Ermittelung der Eigenfchaften des Sandes beziehen. Ueberdies hat auch

3) Sinkt bei der anfänglichen Zufammendrückung der Sandfchicht die aufgebrachte Laft in diefelbe ein, fo erhebt fich um die letztere herum der Sand nicht; das Zufammenpreffen wird demnach blofs durch das innigere Aneinanderrücken der einzelnen Sandkörner hervorgerufen[237]).

4) Befinden fich in der Unterlage der Sandfchicht einzelne befonders nachgiebige Stellen, fo zeigt die letztere, hinreichende Mächtigkeit vorausgefetzt, an diefen Stellen keine partiellen Senkungen; die Druckverteilung findet vielmehr in fo günftiger Weife ftatt, dafs die nachgiebigen Stellen gleichfam überbrückt und dadurch unfchädlich gemacht werden[238]).

434. Sand-fchüttungen.

Von diefen wertvollen Eigenfchaften des Sandbodens macht man im Grundbau in der Weife Anwendung, dafs man bei nachgiebigem Baugrund das Fundament aus einer Sandfchüttung oder Sandbettung, auch Sandkoffer genannt, herftellt. Diefelbe erweift fich zweckmäfsig, fobald fie genügende Abmeffungen erhält, aus geeignetem Material und in entfprechender Weife ausgeführt wird.

Die erfte Anwendung des Sandes im Grundbau fcheint in Frankreich gemacht worden zu fein, und zwar bei den Quaimauern des Kanals St. Martin (1829) und bei Militärbauten zu Bayonne (1830 von Kapitän *Gauzence*).

435. Abmeffungen.

Die Mächtigkeit der als Fundament dienenden Sandfchicht foll nicht weniger als 75 cm betragen; weiter als 3 m zu gehen, ift indes auch nicht erforderlich. Mit Rückficht auf die Druckverteilung foll die Aufftandfläche der Sandfchicht um ebenfoviel vor den Begrenzungen des darauf zu fetzenden Mauerkörpers vorfpringen, als fie hoch ift.

Letzteres Verhältnis ergiebt fich aus der fchon erwähnten Thatfache, dafs fich der Druck nahezu unter 45 Grad nach unten verteilt. Kennt man fonach die Tragfähigkeit des vorhandenen Baugrundes und die Grundfläche des auf das Sandfundament zu fetzenden Mauerkörpers, fo läfst fich die Gröfse der Aufftandfläche des Sandfundaments berechnen.

Da indes die Tragfähigkeit des Baugrundes nicht immer mit genügender Sicherheit bekannt ift, fo empfiehlt es fich, bei vorkommenden ftärkeren Belaftungen unmittelbare Verfuche anzuftellen, indem man auf dem gegebenen Boden Sandfchichten von verfchiedener Mächtigkeit herftellt und diefelben einer Probebelaftung unterzieht[239]).

Im allgemeinen ergiebt fich hieraus, fobald die Baugrube lotrecht begrenzt ift, ein parallelepipedifch geftaltetes Fundament (Fig. 721). Sind die Wandungen der Fundamentgräben geböfcht, fo nimmt die Breite der Sandfchicht von unten nach oben zu; bisweilen wird die letztere Anordnung abfichtlich gewählt, um durch die hinzugefügten Sandprismen *P*, *P* (Fig. 722) einen Gegendruck gegen etwaiges feitliches Ausweichen des Sandes zu gewinnen. In manchen Fällen hat man die Sandfchicht nicht allein unter den einzelnen Mauern eines Gebäudes, fondern unter dem ganzen Gebäude durchgehend hergeftellt.

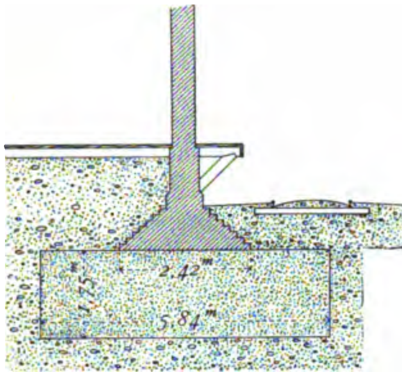
Beaudemoulin durch Verfuche feftgeftellt, dafs trockener Quarzfand, der in einen Beutel von Segeltuch oder in einen Kaften von dünnem Eifenblech gefüllt ift, nach einer leichten Zufammendrückung eine Maffe bildet, die einem Drucke von 60 t für 1 qm mit Sicherheit widerftehen kann. Der Sand verhält fich der Umhüllung gegenüber fo, als wäre er ein gefchloffener Körper, und übt auf die Umhüllung nur an jenen Stellen eine Wirkung aus, wo die Laft mit ihr in Berührung kommt. Der Sand bleibt aber dabei völlig teilbar und fliefst aus einer in der Umhüllung angebrachten Oeffnung frei, aber langfam heraus.

237) Vergl. die *Hagen*'fchen Verfuche in Fufsnote 182 (S. 303).

238) *Hagen*'s eben erwähnte Verfuche bezogen fich auf diefen Gegenftand. Ein Gefäfs mit genau fchliefsender Bodenklappe wurde fo lange mit Sand gefüllt, bis fich der Druck auf die letztere als von der Höhe der Sandfchicht unabhängig erwies. Oeffnete man nun die Klappe, fo fiel ein Teil des Sandes heraus; der übrige Teil blieb, höhlenartig geformt, im Gefäfse zurück.

239) Solche Verfuche wurden in fehr genauer Weife für die Hochbauten auf dem Bahnhofe zu Emden gemacht, welche ausführlich dargelegt find in: Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1864, S. 153. Man hat dort gefunden, dafs Sandfchichten von 2,35 und 2,90 m Höhe keine gröfsere Tragfähigkeit zeigten, als folche von 1,15 und 1,75 m Mächtigkeit. — Auch mag auf die Unterfuchungen verwiefen werden, die bei der Gründung der Kaferne an der Esplanade zu Wefel gemacht wurden und bezüglich deren das Nähere zu finden ift in: Zeitfchr. f. Bauw. 1863, S. 629.

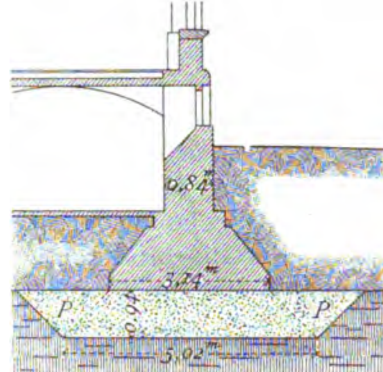
Fig. 721.



Vom Güterfchuppen auf dem Bahnhofe zu Emden[240]).

1/150 w. Gr.

Fig. 722.



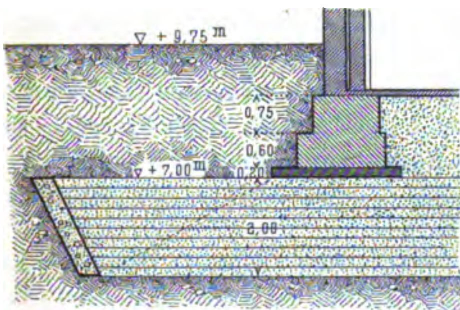
Von der Kaferne an der Esplanade zu Wefel[241]).

So z. B. wurde beim Bau des *Kapf*'fchen Haufes am Sielwall in Bremen Sand aus der Wefer gebaggert und die Baugrube unter dem ganzen Haufe damit ausgefüllt. Der Sand wurde in 50 cm dicken Schichten aufgebracht, reichlich mit Waffer begoffen und dabei mittels eiferner Stangen die Sandkörner in Bewegung gebracht; jede Schicht wurde fchliefslich mit einer viermännigen Ramme gedichtet.

Gleiches gefchah 1883 bei der Gründung des Regierungsgebäudes zu Breslau. Da der Baugrund bis auf eine Tiefe von 4 m aus aufgefülltem Boden beftand, auf den eine ftarke Lettenfchicht folgte, fo wurde die Baugrube in ihrer ganzen Ausdehnung bis zur Lettenfchicht ausgefchachtet und mit einer 2 m hohen Sandfchüttung ausgefüllt. Zur Verhütung von feitlichen Ausweichungen der letzteren infolge Hochwafferdruckes der wenig entfernten Oder und von Rohrbrüchen an den nahe gelegenen Strafsenkanälen wurde die Baugrube mit einer den Böfchungen fich anschliefsenden, 30 cm ftarken Betonmauer (Fig. 723) umgeben.

Als Material empfiehlt fich für derlei Fundamente ganz reiner, fcharfer und grobkörniger Quarzfand; bei diefem verfchieben fich die einzelnen Körner infolge grofser Reibung viel weniger, als bei einem Sand, der aus kleinen, rundlichen Körnern befteht, oder gar folchem, der erdige und lehmige Teile enthält. Bei reinem, fcharfem und grobkörnigem Sande ift deshalb auch die anfängliche Zufammendrückung geringer als bei anderem Material. 436. Material und Ausführung.

Fig. 723.



Vom Regierungsgebäude zu Breslau[242]).
1/150 w. Gr.

In Gegenden am Meere oder in der Nähe gröfserer Ströme, wo häufig Baggerungen ausgeführt werden, hat man mit Vorteil das ausgebaggerte Material, fobald es viel Sand und nicht zu viel Schlamm und mufchelige Teile enthielt, verwendet.

Um das Zufammendrücken des Sandes und dadurch auch das Setzen des Mauerwerkes möglichft zu verringern, wird die Sandbettung in einzelnen wagrechten Lagen von 20 bis 30 cm Dicke hergeftellt; jede Lage wird mit Waffer begoffen und mittels Rammen, beffer mittels Walzen gedichtet. Das Dichten kann unter Umftänden noch dadurch befördert werden, dafs

240) Nach: Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1864, S. 168.
241) Nach: Zeitfchr. f. Bauw. 1863, Bl U.
242) Nach: ebendaf. 1890, S. 8—11.

man die Sandſchüttung einige Zeit nach der Ausführung regelmäſsig mit Waſſer übergieſst. Iſt der Baugrund waſſerhaltig, ſo kann man auch in der Baugrube eine Pumpe aufſtellen und dieſe von Zeit zu Zeit in Thätigkeit ſetzen; das Durchſaugen des Waſſers dient dazu, die Sandkörner dichter zu lagern.

Zeigt der gegebene Baugrund einen ſtarken Wechſel des Grundwaſſers, ſo muſs die Sandſchicht durch eine Spundwand oder eine Umſchlieſsung mit Thonſchlag begrenzt werden. Eine möglichſt dichte Spundwand iſt auch erforderlich, wenn die Sandgründung im Waſſer ſelbſt vorzunehmen iſt; man vermeide, wenn irgend thunlich, die unmittelbare Berührung der Sandbettung mit flieſsendem, ſelbſt auch mit ſtehendem offenem Waſſer.

Man hat die Sandſchüttung bisweilen mit Kalkmilch übergoſſen; indes iſt dieſes Verfahren nicht gerade zu empfehlen. Iſt die Kalkmilch ſehr dünn und geſchieht das Uebergieſsen in ſpärlichem Maſse, ſo nutzt dieſes Verfahren nicht viel mehr als das Begieſsen mit reinem Waſſer; verwendet man dagegen dicke Kalkmilch in reichlichem Maſse, ſo wird die Gründung ſehr teuer und iſt beſſer durch eine Betonſchicht zu erſetzen.

Der auf die Sandbettung aufzuſetzende Mauerkörper iſt erſt einige Zeit nach Vollendung der erſteren auszuführen; das Mauerwerk iſt nur langſam zu erhöhen und raſch trocknender Mörtel dafür zu verwenden. Mehrfach hat man für die Sohlſchicht des Mauerkörpers groſse Platten aus hartem Steinmaterial (Granit etc.) verwendet.

Bei der vorhin erwähnten Gründung des Regierungsgebäudes zu Breslau wurde nach Herſtellung der ſchützenden Betonmauer der aus der Oder durch Baggerung gewonnene Sand in die Baugrube eingebracht, jede Schicht durch Einpumpen von Waſſer gleichmäſsig gut eingenäſst und feſt eingeſtampft, ſo daſs ein Sondiereiſen mit äuſserſter Anſtrengung nur 25 bis 30 cm tief eingeſtoſsen werden konnte. Auf der ſo gebildeten Sandſchicht (Fig. 723) wurde die aus lagerhaften, 20 cm ſtarken, 1,50 bis 3,00 m langen und 1,00 m breiten Granitplatten beſtehende Sohlſchicht verlegt; die Breite der letzteren iſt ſo bemeſſen, daſs 1 qcm mit 2,5 kg belaſtet wird. Auf die Granitplatten wurden die Grundmauern aus Granitbruchſteinen aufgeſetzt [242]).

437. Anwendung.

Aus dem Geſagten geht hervor, daſs ſich die Sandgründung vor allem für weichere Bodenarten empfiehlt, die eine energiſche und gleichmäſsige Druckverteilung erfordern; insbeſondere iſt es Torf-, Moor- und naſſer Lehmboden, wo die Sandfundamente gute Dienſte leiſten; allein auch auf Mauerſchutt etc. haben ſie ſich gut bewährt. Sie haben vor den gemauerten, den Beton- und den Schwellroſtfundamenten auch noch den Vorteil groſser Billigkeit voraus, weshalb ſie bisweilen auch bei weniger preſsbarem Baugrund ſtatt gemauerter Fundamente Anwendung finden. Vor den Schwellroſten zeichnen ſie ſich ferner dadurch aus, daſs ſie bezüglich ihrer Tiefenlage keinerlei Beſchränkungen unterworfen ſind.

Beſchränkt wird die Anwendung der Sandfundamente allerdings dadurch, daſs die Belaſtung, die ſie mit Sicherheit tragen können, keine zu groſse ſein darf. Bei 1,50 bis 2,00 m Mächtigkeit der Sandbettung ſollte das darauf geſtellte Bauwerk keinen gröſseren Druck als höchſtens 2 bis 3 kg für 1 qcm ausüben.

438. Vereinigung mit der Betongründung.

In einigen geeigneten Fällen hat man Sand- und Betongründung in der Weiſe vereinigt, daſs man auf die Sandbettung eine Betonplatte gelagert hat.

Beim Bau des Dienſtgebäudes für die Waſſerbauinſpektion zu Tapiau fand ſich ein Baugrund vor, der aus einer Aufſchüttung von 3,15 bis 5,95 m Höhe beſtand, die auf gewachſenem Boden aufruhte. Der Füllboden, eine Miſchung von Sand, Thon und Teilen von Moor, wurde teils bei der Ausbaggerung des Hafenbeckens, teils durch Baggerung im Pregelbett gewonnen. Vorgenommene Belaſtungsverſuche ergaben, daſs die anfangs vorgeſehene Gründung auf verbreitertem Betonbett nicht als genügend zuverläſſig erachtet werden konnte. Deshalb wurde eine noch weitergehende Verbreiterung der für den Untergrund in Betracht kommenden Druckfläche durch eine 1 m hohe, in Lagen von 25 cm Dicke eingebrachte Sand-

schüttung ausgeführt. Auf dieser Schüttung wurden alsdann zwei 30 cm starke Betonbankette unter den Umfassungswänden 1,90 und 1,40 m breit hergestellt. Zur Versteifung der Betonschüttung und zur Vergrösserung der Zugfestigkeit der letzteren sind im unteren Bankett in den Umfassungswänden alte Eisenbahnschienen eingestampft, während durchschnittlich 3 m lange Schienen in die Scheidewände hineinreichen [243]).

Litteratur

über »Fundamente aus Beton- und Sandschüttungen«.

EXNER. Ueber die Anwendung des Béton-Mörtels zum Fundamentiren unter Wasser. CRELLE's Journ. f. d. Bauk., Bd. 1, S. 236.

BRAUN. Ueber Anwendung des Trass-Bétons zur Fundamentirung der Gebäude. CRELLE's Journ. f. d. Bauk., Bd. 3, S. 112.

Ueber die Fundamentirung der Gebäude auf Sand. CRELLE's Journ. f. d. Bauk., Bd. 15, S. 67, 107.

Des Herrn Brücken- und Wege-Ingenieurs OLIVIER kurze Nachricht von Fundamentirungen auf Sand. CRELLE's Journ. f. d. Bauk., Bd. 12, S. 275.

WITZECK. Die Gründung der Gebäude des Thüringischen Bahnhofes bei Leipzig. Zeitschr. f. Bauw. 1860, S. 213.

GOLDMANN. Verschiedene Gründungen in Betreff der Tragfähigkeit. Zeitschr. f. Bauw. 1863, S. 630.

BOLENIUS. Der Bahnhof zu Emden. Zeitschr. d. Arch.- und Ing.-Ver. zu Hannover 1864, S. 154.

PLATH. Die Fundirung des neuen Maschinen- und Kesselhauses auf Rothenburgsort etc. Deutsche Bauz. 1871, S. 165.

SCHMIDT, H. Ueber den eisernen Centralbau für die Weltausstellung in Wien. Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1873, S. 139.

ALTENDORFF, H. Fundirung eines Kirchthurms auf Beton. Deutsche Bauz. 1874, S. 190.

TERRIER, CH. *Des devis et des fondations du nouvel opéra. Gaz. des arch. et du bât.* 1875, S. 141.

BAUDE. *Sur les fondations du nouvel opéra de Paris. Bulletin de la soc. d'encourag.* 1875, S. 498.

Einbringung des Betons. Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1880, S. 152.

Ueber Fundirungen auf zusammendrückbarem Boden. Deutsche Bauz. 1880, S. 448, 467, 481.

ASTFALCK. Ueber Betonfundirungen. Centralbl. d. Bauverw. 1899, S. 225.

---

4. Kapitel.

Fundamente aus liegenden Rosten.

In Fällen, in denen zu befürchten ist, dass ein Bauwerk infolge stark pressbaren Baugrundes, infolge ungleichmässiger Beschaffenheit des letzteren oder infolge ungleich verteilter Lasten nachteilige Veränderungen erfahren könnte, ist vielfach ein hölzerner Boden oder Rost, der auf die Bausohle gelegt wird, als Fundament benutzt worden. Diese schon seit langer Zeit übliche Konstruktion hat den Zweck, die vorhandenen Ungleichheiten im Baugrund oder in der Lastenverteilung auszugleichen; sie soll auch innerhalb gewisser Grenzen die Drücke, die auf sie wirken, über eine grössere Fläche verteilen und unter Umständen eine Längsverankerung der Fundamentkonstruktion anstreben. 439. Allgemeines.

Hierdurch entstanden die sog. liegenden Roste, auch gestreckte, fliegende oder schwimmende Roste genannt, die in sehr verschiedener Weise konstruiert worden sind.

243) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1865, S. 395.

a) Einfachere liegende Rofte.

440. Einfacher Bohlenroft. 1) Der liegende Roft geftaltet fich am einfachften, wenn er aus einer einzigen Lage von flach und dicht nebeneinander gelegten, 7 bis 10 cm ftarken Bohlen befteht, die erforderlichenfalls durch Dübel miteinander verbunden werden. Die Wirkfamkeit eines folchen einfachen Bohlenroftes ift nur gering, weshalb er auch nur für untergeordnete, den Baugrund wenig belaftende Bauwerke in Anwendung gebracht werden kann.

441. Doppelter Bohlenroft. 2) Die Roftkonftruktion kommt dem damit beabfichtigten Zwecke näher, wenn man fie aus zwei derartigen übereinander gelegten Bohlenfchichten zufammenfetzt. Die beiden Lagen durchkreuzen fich unter einem rechten Winkel; meift liegt die eine parallel zur Längenrichtung der Mauer (Fig. 724) und bringt nicht nur eine

Fig. 724.

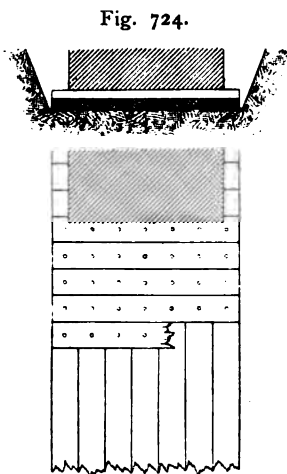
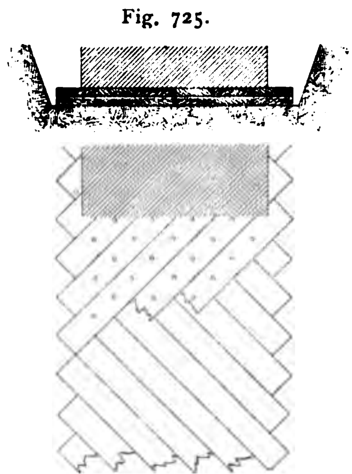


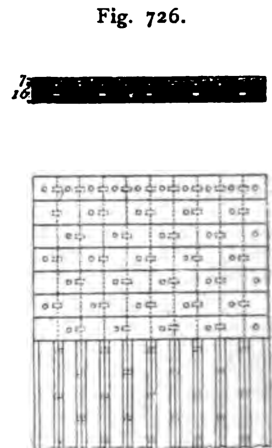
Fig. 725.



Doppelte Bohlenrofte.

1/100 w. Gr.

Fig. 726.



Roft aus Halbhölzern.

Druckverteilung in diefem Sinne hervor, fondern erzeugt auch die Längsverankerung des auf dem Rofte ftehenden Mauerwerkes. In England werden die beiden Bohlenlagen wohl auch unter 45 Grad zur Mauervorderfläche gelegt (Fig. 725), wodurch zwar unter Umftänden eine beffere Druckverteilung erzielt werden kann, die Längsverankerung des Mauerwerkes jedoch nicht erreicht wird.

Der doppelte Bohlenroft ift zwar wirkfamer, als der einfache; indes kann erfterer gleichfalls nur geringen Belaftungen — 1,0, höchftens 1,5 kg für 1 qcm — ausgefetzt werden und nur bei gleichartigem Boden Verwendung finden.

442. Roft aus Halbhölzern. 3) Die unter 1 und 2 vorgeführten Roftkonftruktionen werden tragfähiger, wenn man die eine oder die beiden Bohlenlagen durch ftärkere Hölzer, fog. Halbhölzer, von 12 bis 15 cm Dicke, erfetzt; man kann alsdann mit der Belaftung felbft bis zu 2 kg für 1 qcm gehen. Bei der in Fig. 726 dargeftellten, in Oefterreich vorkommenden Anordnung find die unteren, 16 cm ftarken Hölzer durch Dübel miteinander verbunden.

443. Amerikanifcher Roft. 4) Die Tragfähigkeit des liegenden Roftes läfst fich weiter erhöhen, wenn man noch ftärkere Balken in Anwendung bringt, bezw. wenn man mehr als zwei Lagen übereinander anordnet; letzteres kommt namentlich im holzreichen Nordamerika und auch in Norwegen vor.

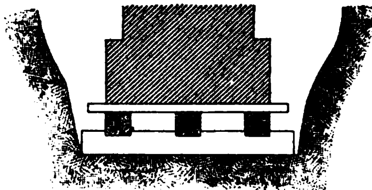
Die in Bergen am Fjord gelegenen Kauf- und Lagerhäufer wurden in der Weife gegründet, dafs man eine gröfsere Anzahl von Holzroften übereinander verfenkte, wobei die Hölzer des zweiten Roftes fenkrecht zu denjenigen des erften liegen, die des dritten wieder parallel u. f. f. Auf diefen über den Wafferfpiegel aufgeführten Fundamente wurden die Holzbauten errichtet[244]).

Durch die grofse Holzmaffe, welche folche Fundamente erfordern, werden fie bei uns fehr teuer und kommen deshalb nur fehr felten oder gar nicht in Anwendung.

b) Schwellrofte.

Schwellrofte, die wohl auch kurzweg liegende Rofte genannt werden, beftehen aus Lang- und Querfchwellen, die in entfprechendem Abftande voneinander in zwei fich kreuzenden Lagen angeordnet und mit einem Bohlenbelag überdeckt find. Die Langfchwellen haben den Druck in der Längsrichtung, die Querfchwellen in dem dazu winkelrechten Sinne zu verteilen. Die viereckigen Felder oder 444. Schwellroft.

Fig. 727.



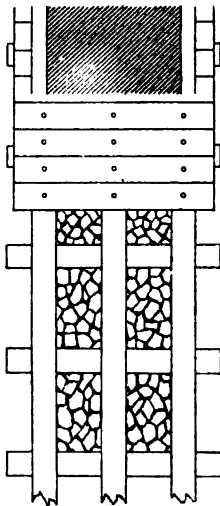
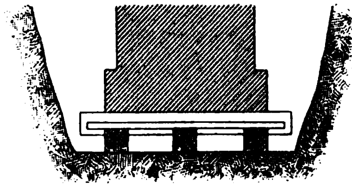
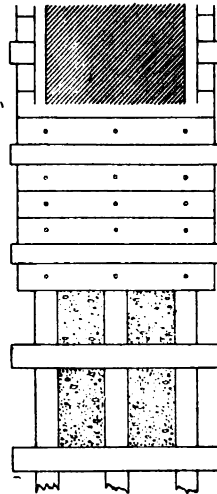


Fig. 728.





Schwellrofte. — $^1/_{100}$ w. Gr.

Fache, welche durch die beiden Schwellenlagen entftehen, werden bis zur Höhe des Bohlenbelages ausgefüllt; auf den letzteren wird das Mauerwerk aufgefetzt (Fig. 727 u. 728).

Obwohl man in der Regel (befonders in Deutfchland) die Langfchwellen über die Querfchwellen legt und diefe Anordnung auch meiftens empfohlen wird, fo ift es doch in den häufigften, d. i. in jenen Fällen des Hochbauwefens, wo im wefentlichen nur lotrechte Drücke auf den Baugrund zu übertragen find, gleichgültig, welche der beiden Schwellenlagen nach unten gelegt wird. Nur wenn eine Mauer

244) Siehe: Deutfche Bauz. 1889, S. 183.

ftarken Seitenfchüben zu widerftehen hat, fo wird der Verfchiebung längs des Baugrundes beffer entgegengewirkt, wenn die Langfchwellen nach unten zu liegen kommen.

Der Bohlenbelag wird ftets auf die Langfchwellen gelegt; bilden diefe die obere Schwellenlage, fo ergeben die Bohlen einen ununterbrochenen Holzboden (Fig. 727). Werden die Querfchwellen nach oben gelegt, fo ragt ein Teil derfelben über dem Bohlenbelag hervor und greift in das Mauerwerk ein (franzöfifche Konftruktion, Fig. 728).

Der Schwellroft überragt die Begrenzungen des darauf zu fetzenden Mauerwerkes um 20 bis 40 cm; doch ordnet man die Aufsenflächen des letzteren in der Regel bündig mit der äufserften Langfchwelle an.

Der in Art. 382 (S. 312) aufgeftellten Konftruktionsbedingung entfprechend, mufs die Oberkante des Schwellroftes mindeftens 30, beffer 50 cm unter dem niedrigften Wafferftande angeordnet werden.

Von vielen Seiten wird empfohlen, bei Fundamenten aus Sand, Beton und Schwellroft an den Gebäudeecken eine gröfsere Verbreiterung eintreten zu laffen, als in den übrigen Teilen der betreffenden Mauern. In diefer allgemeinen Form ift eine folche Regel unrichtig; fie trifft nur zu, wenn die Belaftung

Fig. 729.

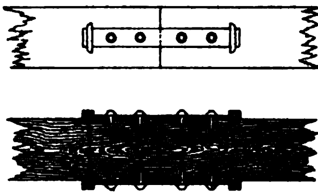


Fig. 730.

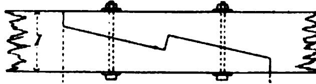
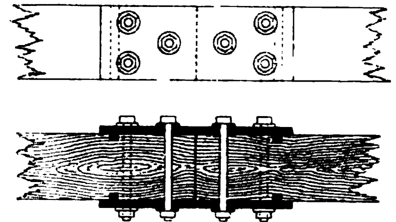


Fig. 731.



an der Ecke wirklich gröfser oder wenn der Baugrund dort nachgiebiger ift; alsdann hat die Verbreiterung des Fundaments nach Mafsgabe der Druckverhältniffe ftattzufinden. Wenn jedoch die Baugrundbelaftung an der Gebäudeecke die gleiche oder noch kleiner ift (beide Fälle kommen vor) wie jene in den übrigen Teilen der Mauern, fo bringt die Vermehrung der Fundamentbreite ungleichmäfsige Setzungen und Riffe hervor[245]).

445. Schwellen.

Bezüglich der Konftruktionseinzelheiten ift das Folgende hervorzuheben.

1) Für die Lang- und Querfchwellen ift Eichenholz oder harzreiches Nadelholz zu empfehlen; erfteres hat unter Waffer eine fehr lange Dauer. Nadelhölzer eignen fich wegen ihres regelmäfsigen Wuchfes beffer, find aber nicht fo dauerhaft; Kiefernholz ift am meiften zu empfehlen.

Liegen die Querfchwellen (auch Zangen genannt) über den Langfchwellen, fo werden fie auf letztere aufgekämmt; bei umgekehrter Anordnung werden die Langfchwellen etwa 5 bis 7 cm tief in die Querfchwellen eingelaffen. Bei längeren Mauern können die Langfchwellen nicht mehr aus einem Stücke beftehen; der Stofs wird entweder ftumpf angeordnet und eine Verbindung mittels eiferner Schienen, Krammen und Nägel (Fig. 729), mittels eiferner Verlafchung (Fig. 731) vorgenommen, oder es wird die Vereinigung mittels fchrägen Hakenblattes (Fig. 730) angewendet. Die Längsverbindung in der einen oder anderen Weife follte niemals unterlaffen werden, weil fonft der Vorteil der Längsverankerung verloren geht. Die Stöfse der Langfchwellen find gegeneinander zu verfetzen, fo dafs auf eine Querfchwelle immer nur ein Stofs zu liegen kommt.

Bei manchen englifchen Schwellroften find Lang- und Querfchwellen voll überfchnitten, fo dafs die Oberkanten beider in gleicher Höhe gelegen find; auch wird vor dem Aufbringen des Roftes auf die geebnete Baufohle eine Schicht aus flachen, lagerhaften Steinen verlegt.

Die Entfernung der Langfchwellen (von Mitte zu Mitte) foll fo grofs gewählt werden, dafs die darauf liegenden Bohlen das Mauerwerk mit Sicherheit tragen können; diefelbe beträgt 0,60 bis 1,32 m, in

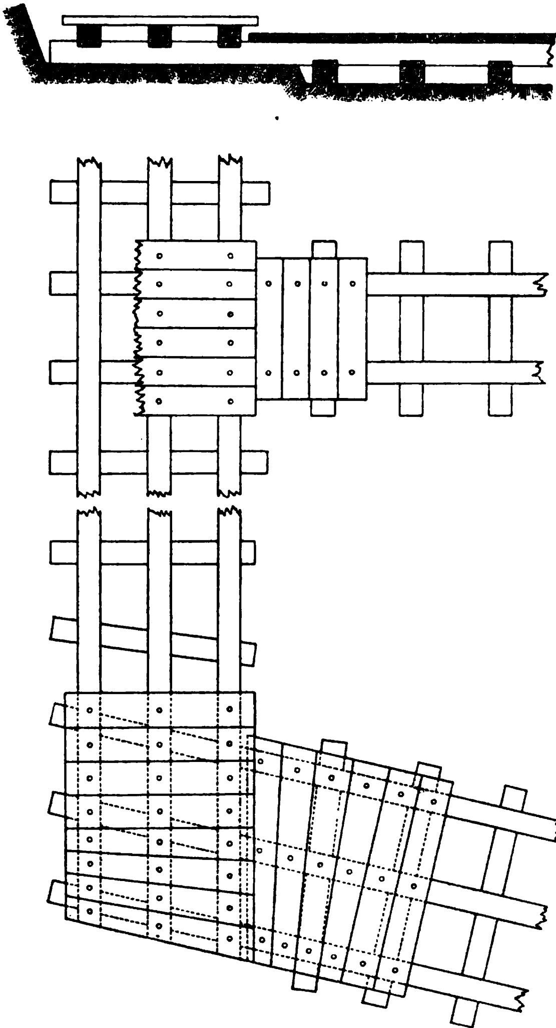
245) Vergl.: SCHMÖLCKE, J. Ueber Fundirungen auf zufammendrückbarem Boden. Deutfche Bauz. 1880, S. 448 — ferner: MALCOMES. Ueber Fundirungen auf zufammendrückbarem Boden. Deutfche Bauz. 1880, S. 467.

der Regel jedoch zwifchen 0,75 und 1,00 m. Die Querfchwellen ftehen etwas weiter voneinander ab, 1,00 bis 1,80 m, meift zwifchen 1,25 und 1,50 m.

Lang- und Querfchwellen erhalten in der Regel einen quadratifchen Querfchnitt; die Querfchnittsabmeffung der erfteren fchwankt zwifchen 25 und 33 cm; die letzteren erhalten etwa das 0,9fache davon, alfo 22 bis 30 cm Stärke. Bei geringerer Belaftung werden die Schwellen wohl auch durch ftärkere Bohlen oder Halbhölzer (15 bis 18 cm dick) erfetzt.

An Mauerecken, Mauerdurchkreuzungen etc. wechfeln Lang- und Querfchwellen in den zufammenftofsenden Schenkeln ihre Rolle; dadurch erhält der Bohlenbelag eine verfchiedene Höhenlage (Fig. 732). Wollte man erzielen, dafs diefer in einer Ebene gelegen ift, fo müfste an der Ecke, an der Kreuzung etc. die vollftändige Ueberfchneidung der fich kreuzenden Schwellen ftattfinden, was eine Schwächung derfelben mit fich bringen würde; letztere ift namentlich an Gebäudeecken zu vermeiden.

Fig. 732.



Schwellroftecken und -Durchkreuzungen.

1/100 w. Gr.

Wenn die auf Schwellroft zu gründende Ecke fchräg ift, fo werden in der unmittelbaren Nähe derfelben die Querfchwellen nicht winkelrecht zu den Langfchwellen, fondern fchräg gelegt; man läfst fie allmählich aus der fchrägen (zur anderen Mauer parallelen) Richtung in die winkelrechte Lage übergehen (Fig. 732).

446. Bettung.

2) Die Ausfüllung der Roftfelder, wohl auch **Bettung** genannt, befteht aus Kies, aus feftgeftampftem Baufchutt, aus Lehm und Thon, aus Lehm mit Sand vermifcht, aus Bruchfteinmauerwerk, aus Sand, aus Beton etc. Wenn Lehm verwendet wird, fo fchlage man denfelben feft ein; Sand dichte man durch reichliches Uebergiefsen mit Waffer; eine Betonierung ift meift zu teuer, und es ift beffer, ftatt eines Schwellroftes mit ausbetonierten Fachen ein nur aus Beton beftehendes Fundament anzuwenden.

Die Bettung foll ftets in der Höhe der Langfchwellenoberkante forgfältig abgeglichen werden, damit fie den Bohlenbelag mitträgt; fonft ift ihr konftruktiver Wert ein geringer. Bisweilen hat man fie auch ganz weggelaffen.

447. Bohlenbelag.

3) Der Bohlenbelag wird in der Regel 1/3 fo ftark wie die Querfchwellen, mithin 7 bis 10 cm ftark gemacht. Seine Dicke ift von der Gröfse der Belaftung und vom Abftand der Langfchwellen abhängig; bei gegebener Bohlendicke mufs die Entfernung der Langfchwellen danach berechnet werden.

Die Bohlen müffen ftärker (12 bis 15 cm) gewählt werden, wenn die eine Schwellenlage weggelaffen wird und der Bohlenbelag ihre Aufgabe mit zu erfüllen hat.

Die Bohlen werden auf den Langfchwellen mittels hölzerner Nägel oder auch gar nicht befeftigt. Es ift gut, wenn die Bohlen möglichft breit find; fie find meift rechteckig geftaltet; nur in der Nähe fchräger Ecken nehmen fie Trapezform an (Fig. 732).

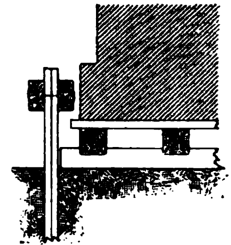
448. Ausführung.

Ein derartig konftruierter Schwellroft kann bei nicht zu prefsbarem und nicht zu ungleichartigem Boden einer Belaftung von 2,5 bis 3,0 kg für 1 qcm ausgefetzt werden.

Bei Gründungen im Waffer mufs der Schwellroft mit einer Spundwand umgeben werden (Fig. 733), die das Ausfpülen des Bodenmaterials, unter Umftänden auch der Bettung, zu verhüten hat. Auch bei fonftigen Schwellroftgründungen kann fich das Anbringen einer Spundwand empfehlen, wenn man dadurch das feitliche Ausweichen des Baugrundes verhüten will.

Die Spundwand darf niemals unter den Schwellroft gelegt, mufs vielmehr unabhängig davon angeordnet werden; in erfterem Falle würde ungleichmäfsiges Setzen des Roftes hervorgerufen werden. Kann die Spundwand feitlich ausweichen, fo fchütze man fie dagegen durch Verankerung mit dem auf dem Rofte ruhenden Mauerwerk.

Fig. 733.



Schwellroft mit Spundwand.
1/100 w. Gr.

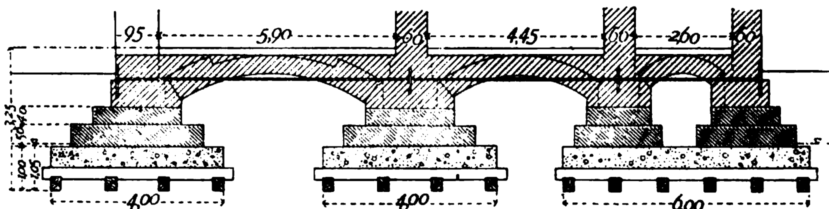
Bei jeder Schwellroftgründung ift auch zu beachten, dafs das darauf zu fetzende Mauerwerk an allen Stellen in möglichft gleicher Höhe ausgeführt werde, damit die Belaftung desfelben eine thunlichft gleichmäfsige fei. Wird das Mauerwerk nur an einigen Stellen bis zu einer gewiffen Höhe aufgeführt, an anderen Stellen der Schwellroft aber gar nicht belaftet, fo tritt ungleichmäfsiges Einfinken des Roftes, eine fchädliche Durchbiegung, unter Umftänden das Schiefftellen desfelben ein.

449. Anwendung.

In Art. 422 (S. 343) wurde bereits gefagt, wann Sand-, Beton- und Schwellroftfundamente im allgemeinen zur Anwendung kommen. Letztere haben vor den beiden erfteren den Vorzug, dafs durch fie eine Längsverankerung des Mauerwerkes bewirkt wird; indes ift man bei Schwellroften bezüglich der Gründungstiefe an die Höhenlage des niedrigften Wafferftandes gebunden. Teilweifes Einfinken des Bauwerkes wird durch den Schwellroft felbftredend nicht vermieden; allein auch dem ungleichmäfsigen Setzen wird nur innerhalb gewiffer Grenzen, die durch die Elaftizitätsverhältniffe des Holzes gegeben find, vorgebeugt. Der Schwellroft fteht in letzterer Beziehung dem Beton und auch der Sandfchüttung nach; letztere verhütet die ungleichmäfsige Senkung in volkommenerer Weife.

Erwägt man die erwähnten Mifsftände, zieht man ferner in Betracht, dafs man auch bei Betonfundamenten durch geeignete Eifeneinlagen eine Längsverankerung erzielen kann, nimmt man endlich noch hinzu, dafs infolge der ftets fteigenden Holzpreife auch die Koften der Schwellrofte nicht geringe find, fo erweifen fich derartige Fundamentkonftruktionen nur in wenigen Fällen als vorteilhaft. Man wird meiftens den Schwellroft bei geringen Belaftungen durch Sandfchüttung, bei ftärkerem

Fig. 734.



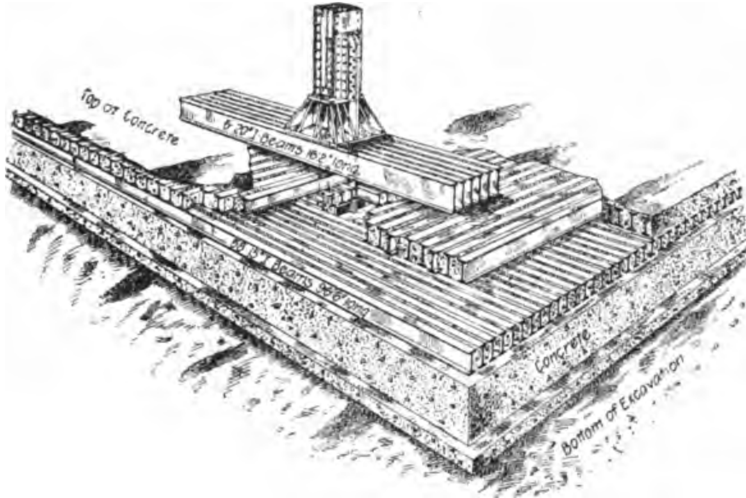
Vom Adminiftrationsgebäude des öfterreichifch-ungarifchen Lloyd zu Trieft[246]).
1/175 w. Gr.

Drucke durch Beton mit Erfolg erfetzen. Es entfpricht auch dem heutigen Stande der Technik nur wenig, wenn man zwifchen den Baugrund und das Mauerwerk ohne zwingende Gründe eine Holzkonftruktion legt.

[246]) Näheres in: Allg. Bauz. 1883, S. 38 — ferner: Wochfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1883, S. 5 — endlich: **Centralbl. d. Bauverw.** 1883, S. 47.

Beifpiele von Schwellroftgründungen aus älterer Zeit liegen ziemlich zahlreich vor[247]). Aus neuerer Zeit ift wohl nur die Gründung des von *v. Ferftel* herrührenden Verwaltungsgebäudes des öfterreichifch-ungarifchen Lloyd in Trieft, eines viergefchoffigen Baues mit nahezu quadratifcher Grundfläche von 63 m Seitenlänge, erwähnenswert (Fig. 734). Die Bodenverhältniffe waren die denkbar ungünftigften, da der der

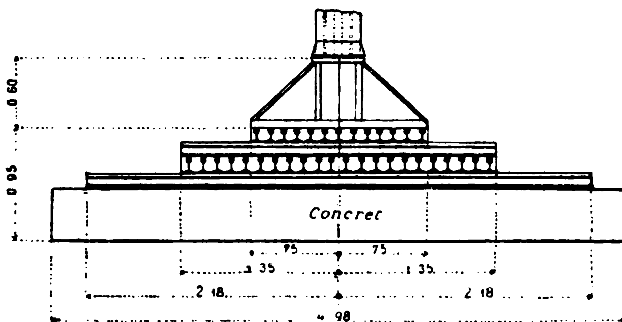
Fig. 735 [248]).



Betoneifenroft.

See zugekehrte Teil, an dem fich die Hauptfront befindet, noch vor 30 Jahren, der rückfeitige Teil noch vor etwa 100 Jahren dem Meere angehörte und der Grund bis auf die Tiefe von 29 m aus aufgeweichtem Schlammboden befteht. Alle in der Nähe befindlichen Gebäude zeigen denn auch, namentlich durch die Verbiegungen der wagrechten Bauteile, den Einflufs diefes fchlechten Baugrundes, der befonders auffallend am Triefter Stadthaufe zu Tage tritt. Um derartigen Uebelftänden zu begegnen, hat das Fundament unter der Fufsbodengleiche eine Tiefe von 3,25 m und fetzt fich aus 4 Schichten zufammen. Die unterfte, ungefähr 1 m hohe Schicht befteht aus einem ftarken, liegenden Rofte aus Lärchenholz, der mit Beton übermauert ift. Hierauf kommen, ftets mit etwas abnehmender Breite, zwei Schichten aus Maffegno-Blöcken, einem vortrefflichen, befonders zu Gründungen geeigneten Material, das in der Nähe von Trieft, und zwar in Platten bis zu 2 m Länge und 50 cm Dicke, gebrochen wird. Auf die obere, etwa 40 cm ftarke Lage ift das Bruchfteinmauerwerk aufgefetzt. Blofs die wichtigften Mauern wurden in diefer Art gegründet, während die Scheidemauern auf Gurte gefetzt find, welche die Hauptfundamente miteinander verbinden.

Fig. 736 [249]).



Betoneifenroft.

Ferner wurde, um ein möglichft gleichmäfsiges Setzen zu erzielen, die Gründungsfläche der in den einzelnen Abfchnitten der Baufläche verfchiedenen Bodendichtigkeit entfprechend bemeffen. Der Erfolg diefer Anordnungen war im wefentlichen ein günftiger, da das im ganzen etwa 15 cm betragende Setzen ziemlich gleichmäfsig erfolgt ift und der gröfste Unterfchied in demfelben anfänglich nur 6 cm, nach dem Einfügen der Steinverkleidung etwas mehr betragen hat. Die gröfsere Senkung fand an der Seefeite ftatt, trotzdem dort breitere Fundamente vorhanden find[246]).

247) Siehe u. a. die von *Stapel* ausgeführte Gründung des Packhofes in Halle a. d. S.: ROMBERG's Zeitfchr. f. pract. Bauk. 1858, S. 34.

248) Fakf.-Repr. nach: *Architecture and building*, Bd. 29, S. 28.

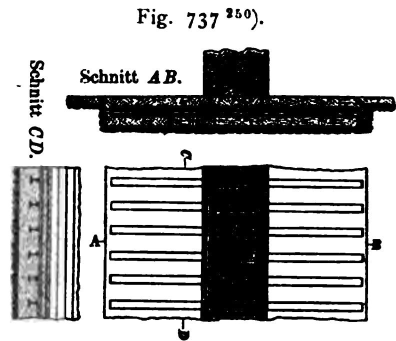
249) Fakf.-Repr. nach: Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1893, S. 423.

c) Betoneifenrofte.

450. Konftruktion.

Zu den liegenden Roften find auch die in den amerikanifchen Grofsftädten üblichen Betoneifenrofte zu zählen, welche bei ftark nachgiebigem Baugrunde und namentlich für fchwer belaftete Freiftützen zur Anwendung kommen. Zu unterft kommt eine Zementbetonplatte zu liegen; darauf ruhen mehrere Lagen von Eifenbahnfchienen, die einander rechtwinkelig durchkreuzen und mit Beton umftampft find (Fig. 735). Die oberfte Lage, auf welcher der Fufs der Freiftütze unmittelbar auffitzt, befteht nicht felten aus gewalzten I-Trägern von 0,50 bis 1,00 m Höhe (Fig. 736); bisweilen werden nur Walzbalken, hier und da aus Stahl hergeftellt, verwendet.

Fig. 737 [250]).



So find z. B. für das Tacomagebäude zu Chicago, welches $12\frac{1}{2}$ Gefchoffe hoch ift und durchwegs Gefchäftsftuben enthält, ausfchliefslich Stahlbalken zur Anwendung gekommen. Die Fundamente für die maffiven Umfaffungswände und für die Freiftützen, welche die Zwifchenwände tragen, beftehen zu unterft aus einer Lage Zementbeton von ca. 60 cm Dicke; darauf find ftählerne I-Träger und auf diefe für die Freiftützen gufseiferne Platten gelagert. Die Stahlbalken ftehen hochkantig, find nahe aneinander gelegt und fo lang, dafs fie ca. 1,8 bis 2,2 m über die Freiftützen hinausragen [251]).

Von einer mit den amerikanifchen Betoneifenroften verwandten Konftruktion berichtet *Tieffenbach* [252]).

Beim Umbau eines alten Haufes für die Zwecke der Weferftrom-Baudirektion zu Hannover (1897) wurde der Baugrund zunächft abgerammt; alsdann wurde eine ziemlich fefte Betonmaffe eingeftampft und in letztere ein liegender Roft aus alten Gruben- oder fonftigen Eifenfchienen verlegt und eingeftampft (Fig. 737).

---

250) Fakf.-Repr. nach ebendaf.
251) Vergl.: Techniker, Jahrg. 10, S. 113.
252) In: Centralbl. d. Bauverw. 1899, S. 41.

III. Teil, 2. Abteilung:

FUNDAMENTE.

3. Abfchnitt.

Verfenkte Fundamente.

Liegt die tragfähige Bodenfchicht in fo bedeutender Tiefe, dafs fie mit den im vorhergehenden Abfchnitt bezeichneten Mitteln nicht erreicht werden kann, oder ift der vorhandene Baugrund fo locker und nachgiebig, dafs man mit Hilfe von Sand-, Beton- oder Schwellroftfundamenten ein Bauwerk mit Sicherheit darauf nicht errichten kann, fo wendet man verfenkte Fundamente an. 451. Vor-bemerkungen.

Wie fchon in Art. 389 (S. 316) gefagt wurde, unterfcheiden fich die verfenkten Fundamente von den aufgebauten wefentlich dadurch, dafs fie nicht von unten nach oben, fondern von oben nach unten hergeftellt werden. Bei diefem Gründungsverfahren wird die lockere, nicht tragfähige Bodenfchicht gar nicht oder nur zum geringen Teile abgegraben und die Gründung durch diefe Schicht hindurch vorgenommen. Hierbei werden entweder:

1) die Hauptkonftruktionsteile des Fundaments (die Pfähle) durch die lockere Schicht eingetrieben, bezw. eingedreht, oder

2) unter dem fertigen Fundamentkörper wird das lockere Bodenmaterial weggenommen und diefer dadurch allmählich in den Boden eingefenkt.

Im erfteren Falle handelt es fich um Pfahlgründungen, im letzteren um Gründungen auf Senkbrunnen, auf Senkröhren und auf Caiffons. Bezüglich der Pfahlgründungen kommen hauptfächlich die fog. Pfahlrofte in Betracht, bei denen hölzerne Rundpfähle die Fundamentftützen des Bauwerkes bilden.

Fig. 738.

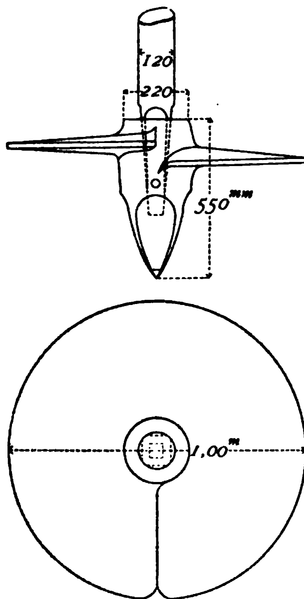
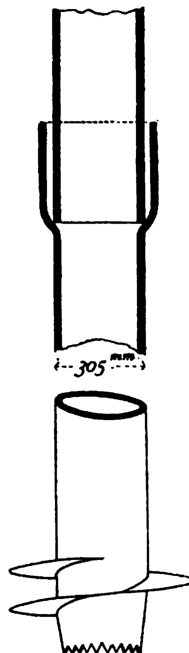


Fig. 739.



Schraubenpfahl

von einem Kranfchuppen zu Bremen (Syftem *Neukirch*). — vom *Promenade-Pier* zu Skegnefs.

1/25 w. Gr.

452. Gründung auf eifernen Pfählen.

Indes werden bei manchen Bauten am und im offenen Waffer, wie z. B. bei Badehäufern, Schwimmanftalten, *Promenade-Piers*, Leuchttürmen, Landungsbrücken etc. auch eiferne Pfähle angewendet, welche in der Regel in den Boden eingefchraubt, feltener eingetrieben werden.

Im vorliegenden Falle find es meift gefchmiedete Eifenftangen von 10 bis 15 cm (felten mehr) Durchmeffer, welche unten mit einer fog. Pfahlfchraube (Fig. 738) verfehen find; die letztere ift aus Gufseifen hergeftellt, hat etwa 1 m Durchmeffer und dient nicht nur zum Eindrehen der Pfähle in den Boden, fondern giebt denfelben auch eine gröfsere Aufftandfläche, wodurch fie der Belaftung beffer widerftehen. Die Tragfähigkeit derartiger Schraubenpfähle kann zu 45 kg für 1 qcm Pfahlkopffläche oder zu 12 kg für 1 qcm Stützfläche angenommen werden. Noch feltener kommen bei den im Gebiete der Architektur in Betracht zu ziehenden Bauwerken gufseiferne Röhrenpfähle (Fig. 739) zur Verwendung.

Von den Gründungen auf eifernen Pfählen[258]) wird, in Rückficht auf die geringe Anwendung derfelben im Hochbauwefen, im folgenden weiter nicht die Rede fein.

---

1. Kapitel.

Pfahlroftfundamente.

453. Allgemeines.

Den wefentlichften Konftruktionsteil eines Pfahlroftfundaments bilden die hölzernen Pfähle, welche ähnlich wie Säulen oder andere Freiftützen den betreffenden Baukörper zu tragen haben. Diefe Pfähle ragen entweder gar nicht, bezw. nur mit einem fehr geringen Teile ihrer Länge aus dem Boden hervor, find alfo Grundpfähle, und der Pfahlroft wird tiefliegend genannt; oder ein bedeutender Teil der Pfahllänge tritt über dem Boden hervor, es find demnach Langpfähle vorhanden, und man hat es mit einem hochliegenden Pfahlroft, auch hoher Pfahlroft oder Stelzenfundament genannt, zu thun. (Siehe auch Art. 149, S. 110.)

Im Hochbauwefen kommen faft nur tiefliegende Pfahlrofte vor, und im folgenden werden auch nur diefe eine eingehende Befprechung erfahren.

Die tiefliegenden Pfahlrofte werden in der Regel innerhalb einer wafferfreien Baugrube hergeftellt, während die hochliegenden für Gründungen im offenen Waffer Anwendung finden, wobei die Herftellung und Trockenlegung der Baugrube meiftens entfällt.

Auf die Pfähle, welche in gleicher Höhe abgefchnitten werden, hat man bisweilen unmittelbar das Mauerwerk gefetzt; indes ift dies nur zuläffig, wenn die Pfähle fehr nahe aneinander ftehen, wenn für die unterften Mauerfchichten grofse Steine oder Platten zur Verwendung kommen und wenn die Belaftung eine geringe ift. Liegen andere Bedingungen vor, fo treten im Mauerkörper ungleichmäfsige Senkungen ein, welche fchädliche Trennungen darin hervorrufen. In den allermeiften Fällen ift deshalb noch eine Zwifchenkonftruktion oder Roftdecke erforderlich, die entweder durch einen liegenden Roft oder durch einen Betonkörper gebildet wird. Die erftere Anordnung ift die im Hochbauwefen gewöhnlich vorkommende; Betonpfahlrofte haben im Hochbauwefen bisher nur eine befchränkte Anwendung gefunden.

---

258) Aus der Litteratur über eiferne Schraubenpfähle feien hervorgehoben:

HEINZERLING, F. Die Brücken in Eifen. Leipzig 1870. S. 393.

MORANDIÈRE, R. *Traité de la conftruction des ponts et viaducs. 1er fafc.* Paris 1874. S. 141.

KLASEN, L. Handbuch der Fundirungs-Methoden. Leipzig 1879. S. 120.

Handbuch der Ingenieurwiffenfchaften. Band 1. Herausgegeben von E. HEUSINGER V. WALDEGG. 2. Aufl. Leipzig 1884. S. 330.

GRANGE, C. *Étude fur l'emploi des pieux métalliques dans les fondations d'ouvrages d'art.* Paris 1892.

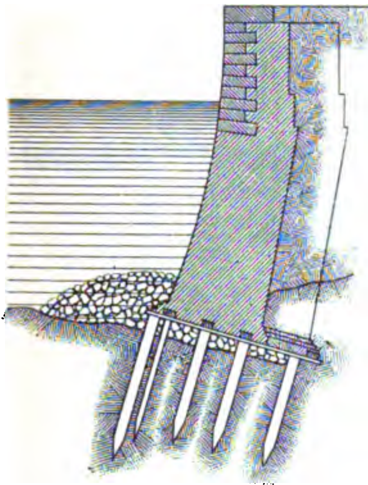
a) Roftpfähle.

Für die Roftpfähle ift vor allem das in Abt. I, Abfchn. 2, Kap. 2, b (Art. 149 bis 153, S. 110 bis 112) über Pfähle Gefagte mafsgebend; an diefer Stelle mögen noch die folgenden Betrachtungen Platz finden. 454. Wirkfamkeit der Pfähle.

1) Die Pfähle können den betreffenden Baukörper in zweifacher Weife tragen: entweder ftehen fie mit ihrer Spitze auf, bezw. zum Teile in der feften, tragfähigen Bodenfchicht, übertragen fonach den aufgenommenen Druck unmittelbar auf die letztere; oder fie erhalten in der lockeren Bodenfchicht die erforderliche Standfeftigkeit im wefentlichen nur durch die Reibung zwifchen der Pfahloberfläche und dem fie umgebenden Bodenmaterial[254]).

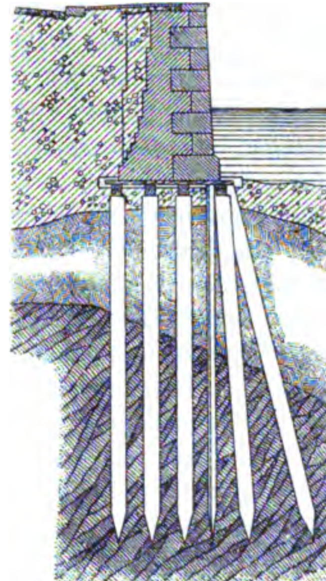
Dem in Art. 376 (S. 304) aufgeftellten Grundfatze entfprechend, wird die erftgedachte Anordnung der letztangeführten ftets vorzuziehen fein; die erftere ift dann mit der im vorhergehenden Abfchnitt (Kap. 2, b, 1) vorgeführten Pfeilergründung fehr nahe verwandt, wird auch bisweilen mit derfelben vereinigt. Bei gröfserer Mächtigkeit der lockeren Bodenfchicht kann fich indes eine fo bedeutende Pfahllänge ergeben, dafs die Gründung viel zu teuer zu ftehen käme, wollte man die Pfähle bis auf die tragfähige Schicht einrammen; ja die letztere kann unter Umftänden mittels Pfählen gar nicht erreichbar fein.

Fig. 740.



Vom Verbindungsdock zu Hull. 1/200 w. Gr.

Fig. 741.



Reefendamm-Quaimauer zu Hamburg. — 1/200 w. Gr.

Dem Tiefbaugefchäft *Max Kühn* in Berlin ift ein Gründungsverfahren[255]) gefchützt, bei dem durch gufseiferne, glockenförmig geftaltete »Druckplatten«, welche über die Pfahlköpfe gefetzt werden, das möglichft gleichmäfsige Einfinken des Fundaments erzielt werden foll. Da aber die Vorausfetzungen, unter denen letzteres eintreten könnte, fehr fchwer zu erreichen find, wird das betreffende Verfahren nur fehr felten anwendbar fein.

2) Die Pfähle werden auf Knickfeftigkeit beanfprucht; deshalb ift es am vorteilhafteften, wenn die Achfe der Pfähle in der Richtung des auf fie wirkenden Druckes gelegen ift. Da nun bei den meiften Hochbauten im wefentlichen nur 455. Richtung der Pfähle.

---

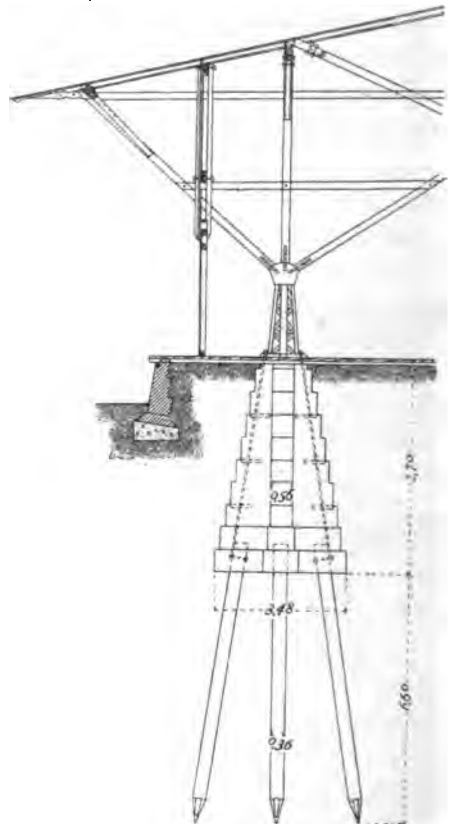
254) Wenn man diefe Reibung in Rechnung ziehen will, ift zu beachten, dafs fie meift im Anfang (unmittelbar nach dem Einrammen der Pfähle) gröfser ift und fpäter etwas abnimmt. Infolge der Zufammenpreffung, welche der Boden beim Einfchlagen der Pfähle erfährt, ift die Reibung zunächft ziemlich bedeutend; indes ift diefes Mafs nur bei fandigem und ähnlichem Boden von Dauer. Bei anderem Material pflanzt fich der Druck allmählich nach aufsen fort, wodurch nach und nach ein Ausgleich in den Druckverhältniffen der betreffenden Bodenfchicht eintritt, fonach die Reibung zwifchen Pfählen und Erde vermindert wird. Das Schlagen einer Spundwand kann innerhalb gewiffer Grenzen einem folchen Ausgleich entgegenwirken; allein bei befonders lockerem Boden kann auch eine folche Wand in fchädlicher Weife beeinflufst werden; es kann ein Schiefftellen derfelben eintreten.

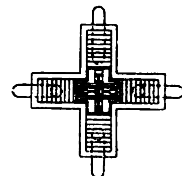
255) Siehe: Deutfches Baugwksbl. 1897, S. 549. — Baugwks.-Ztg. 1898, S. 42.

lotrechte Drücke vorkommen, so werden die Pfähle in der Regel lotrecht in den Boden eingetrieben. Indes wird es bei Widerlagern weit gespannter und flacher Gewölbe, bei Stützmauern, bei Mauern und Freistützen, welche Dachkonstruktionen zu tragen haben, überhaupt bei Bauteilen, die einen starken Seitenschub erfahren, vorzuziehen sein, die Pfähle in die Richtung des herrschenden Druckes zu stellen (Fig. 740).

Bisweilen genügt es, nur eine oder nur einige Pfahlreihen schräg zu stellen, die übrigen aber lotrecht anzuordnen (Fig. 741). In manchen Fällen ist der Seitenschub veränderlich, nicht nur was seine Gröfse und Richtung betrifft, sondern auch in dem Sinne, dafs er bald von der einen, bald von der anderen Seite wirksam sein kann. Bei Mittelstützen gröfserer Gewölbkonstruktionen, bei denen die Belastung veränderlich ist, bei den Stützen gröfserer Decken und Dächer etc. kann dieser Fall eintreten. Alsdann werden einzelne Pfähle, bezw. Pfahlreihen gleichfalls schräg gestellt, jedoch nach verschiedenen Richtungen derart, dafs den am häufigsten vorkommenden Druckverhältnissen in geeigneter Weise entgegengewirkt wird (Fig. 742).

Fig. 742.





Vom Quaischuppen am Grasbrookhafen zu Hamburg. — $^{1}/_{200}$ w. Gr.

456. Länge der Pfähle.

3) Die Länge der Rostpfähle läfst sich dann in sehr einfacher Weise bestimmen, wenn die Pfahlspitzen auf der tragfähigen Bodenschicht stehen sollen. Die Tiefenlage der letzteren, die man durch geeignete Bodenuntersuchungen (vergl. Art. 349, S. 290) feststellen mufs, ist für die Pfahllänge mafsgebend.

Dagegen stöfst die Ermittelung der richtigen Pfahllänge häufig auf grofse Schwierigkeiten, wenn die Pfähle die erforderliche Standfestigkeit nur mittels Reibung in der lockeren Bodenschicht erhalten. Handelt es sich um eingerammte Pfähle, so kann man die von *Eytelwein*, *Redtenbacher*[256]), *Weisbach*[257]), *Brix* etc. aufgestellten Rammtheorien benutzen.

Die Rammtheorien haben die Aufgabe, eine Beziehung zwischen der Stofswirkung, die eine Ramme auf den einzutreibenden Pfahl ausübt, und der ruhenden Last, die er mit Sicherheit zu tragen im stande ist, aufzustellen. Die gedachte Stofswirkung läfst sich nach jeder Hitze (von etwa 20 unmittelbar aufeinander folgenden Schlägen) insofern unmittelbar ermitteln, als man das Eindringen des Pfahles jedesmal messen kann. Je geringer dieses Eindringen in der letzten Hitze war, desto gröfser wird im allgemeinen die Tragfähigkeit des Pfahles sein. In solchen Theorien spielen deshalb die Gröfsen: Gewicht des Pfahles, Gewicht des Rammbären, Fallhöhe des letzteren und Tiefe des Eindringens, die Hauptrolle.

Die meisten Rammtheorien liefern nur wenig zuverlässige Ergebnisse, da sie auf die Beschaffenheit der betreffenden Bodenschicht

256) In: REDTENBACHER, F. Principien der Mechanik und des Maschinenbaues. Mannheim 1852. S. 102.

257) In: WEISBACH, J. Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinen-Mechanik. Theil I. 5. Aufl. Bearbeitet von G. HERRMANN. Braunschweig 1874. S. 824.

keine genügende Rückficht nehmen. Für Roftpfähle, die in anderer Weife, wie z. B. durch Wafferfpülung, in den Boden getrieben werden, fehlen theoretifche Anhaltspunkte gänzlich.

Da auch die empirifchen Formeln, die von verfchiedenen Verfaffern angegeben worden find, unbrauchbar find, fo ift man in den häufigften Fällen darauf angewiefen, die notwendige Pfahllänge durch Verfuche zu ermitteln. Man treibt Probepfähle von verfchiedener Länge und nach verfchiedenen Rammverfahren ein, bringt alsdann tote Laften auf und beobachtet forgfältig das Verhalten der Pfähle. Bei kleineren Bauwerken find folche Verfuche allerdings zu umftändlich und koftfpielig, und man fufst häufig auf fonftigen Erfahrungsergebniffen, namentlich auf folchen, die unter ähnlichen Verhältniffen gewonnen wurden.

In Frankreich nimmt man an, dafs in mittelfeftem Boden ein Pfahl, der eine dauernde Belaftung von 25 t tragen foll, in der letzten Hitze höchftens 10 mm tief eindringen dürfe. — In Holland wird bei Belaftungen von 5 bis 10 t die zuläffige Eindringungstiefe bis zu 10 mm angenommen. — Im Sand- und Kiesboden der Rheinebene (Heffens und Badens) darf ein Pfahl, wenn er eine Laft von 20 t mit Sicherheit tragen foll, in der letzten Hitze höchftens 4 bis 10 mm einfinken.

Alpine glaubt aus feinen Rammverfuchen folgende Regeln gefunden zu haben:

α) Wächft die Fallhöhe des Rammbären, fo nimmt die Tragfähigkeit des eingerammten Pfahles im Verhältnis der Quadratwurzel der Fallhöhe zu.

β) Wächft das Bärgewicht, fo nimmt die Tragfähigkeit um ca. 0,8 des vermehrten Gewichtes zu.

γ) Die Tragfähigkeiten von Pfählen, die mit gleichem Bärgewicht bei gleicher Fallhöhe eingerammt wurden, verhalten fich wie die Quadrate der Reibungsflächen der Pfähle.

4) Die Gröfse der Pfahlkopffläche hängt ab von der mittleren Dicke der Pfähle und vom Verjüngungsverhältnis der Baumftämme, die zu den Pfählen benutzt wurden. Die mittlere Pfahldicke ift wieder von der Pfahllänge abhängig. Zu dem in Art. 149 (S. 110) in diefer Richtung bereits Gefagten fei hier noch hinzugefügt, dafs man für die Pfähle tiefliegender Rofte einen mittleren Durchmeffer 457. Dicke der Pfähle.

$$d = 12 + 3\,l \text{ Centim.} \qquad 240.$$

zu wählen hat, wenn l die Pfahllänge (in Met.) bezeichnet.

Prudhomme giebt allgemein

$$d = \frac{l}{24} \text{ Centim.}$$

an. Andere Verfaffer wählen bis 5 m Pfahllänge 25 cm Pfahldicke, für jedes Meter Mehrlänge 10 bis 15 mm Mehrdicke.

Die ftatifche Ermittelung der Dicke von Grundpfählen ift mit Hilfe der Gleichung 27 (S. 111) möglich. Für Langpfähle ift die Gleichung 28 (S. 111) in Anwendung zu bringen; für annähernde Rechnungen kann man auch die Relation benutzen:

$$d = 15 + 2{,}75\,l \text{ Centim.}$$

5) Die erforderliche Zahl von Roftpfählen ift gleich der Gefamtbelaftung des Pfahlroftes, dividiert durch die Tragfähigkeit eines Pfahles [258]. Letztere mufs nach den in Art. 456 gemachten Angaben ermittelt werden; als weitere Anhaltspunkte mögen die nachftehenden Erfahrungszahlen dienen. 458. Zahl der Pfähle.

Die Tragfähigkeit für 1 qcm Pfahlkopffläche fchwankt zwifchen 15 und 45 kg, bleibt aber meift zwifchen 20 und 40 kg; eine Belaftung von 20 kg ift bei langen Pfählen und lockerem Boden, eine Belaftung von 40 kg bei kurzen Pfählen und weniger lockerem Boden zuläffig [259]. 459. Tragfähigkeit der Pfähle.

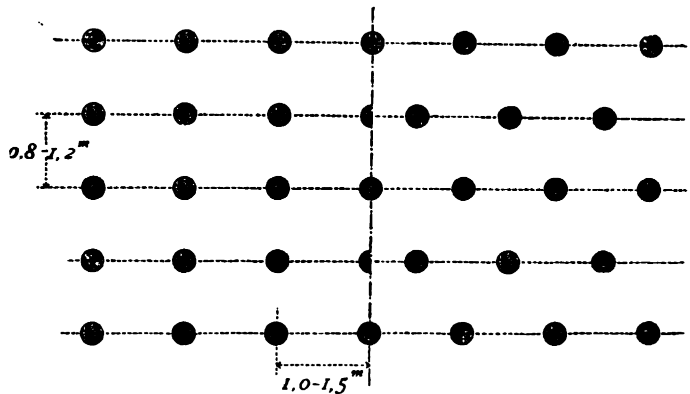
[258] Siehe auch: Bubendey. Die Tragfähigkeit gerammter Pfähle. Centralbl. d. Bauverw. 1896, S. 533. 545.

[259] Siehe auch: *Calcul du nombre des pieux pouvant fupporter une maçonnerie donnée. Les annales des travaux publics*, Jahrg. 12, S. 29.

Heinzerling giebt als zulässige Belastung für 1 qcm Nutzfläche des Pfahlrostes an: bei Moorboden 0,8 bis 1,2 kg, bei besserer Bodenart 3 bis 5 kg, bei festerem, durch Pfähle gedichteten Lehm-, Thon- und Sandboden bis 7 kg.

Ist die Tragfähigkeit für 1 qcm Pfahlkopffläche k (in Kilogr.) und misst die letztere f (in Quadr.-Centim.), so ist die Tragfähigkeit des Pfahles kf Kilogr. Beträgt der Druck, den das künftige Bauwerk auf den Pfahlrost ausüben wird, D (in Tonnen), so ist die erforderliche Zahl n der Pfähle

Fig. 743. Fig. 744.

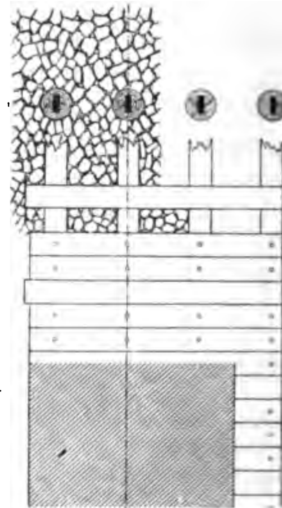


$$n = \frac{1000\,D}{k f}.$$

460. Anordnung der Pfähle.

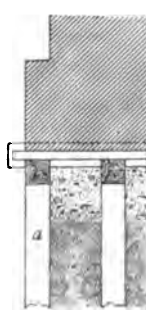
6) Die Verteilung der Pfähle im Grundriss soll derart geschehen, dass jeder Pfahl eine gleich grosse Belastung erfährt und dass an jede Ecke ein Pfahl zu stehen kommt. Bei regelmässiger (rechteckiger) Grundrissform lässt sich diese Bedingung am einfachsten dadurch erfüllen, dass man die Pfähle reihenweise schlägt (Fig. 743 u. 744). Die einzelnen Pfahlreihen erhalten alsdann einen Abstand von 0,70 bis 1,25 m, meist zwischen 0,80 und 1,20 m. Die Pfähle einer Reihe sind etwas weiter voneinander entfernt, so dass der Abstand ca. um 1/6 grösser ist; man findet 0,90 bis 1,80 m, doch ist 1,00 bis 1,50 m Abstand zu empfehlen. Die statische Berechnung, welche auf Grundlage der in Art. 456 bis 459 gemachten Angaben anzustellen ist, muss für die Wahl des Pfahlabstandes massgebend sein.

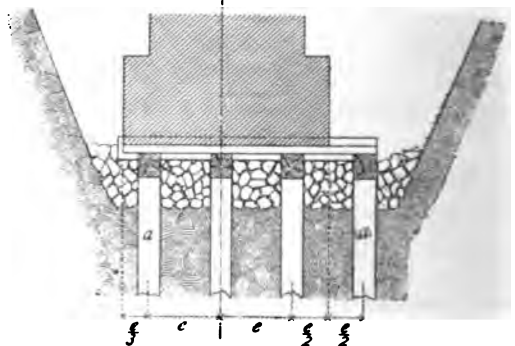
Fig. 746. Fig. 747.



Soll die Rostdecke aus Lang- und Querschwellen gebildet werden, so muss unter jedem Kreuzungspunkte der beiden Schwellenlagen ein Pfahl gelegen sein; hierdurch ergiebt sich die netzförmige, in Fig. 743, 746 u. 747 dargestellte Anordnung. Wenn jedoch die Pfähle einen Betonkörper oder das Mauerwerk unmittelbar zu tragen haben, so empfiehlt es sich, die Pfähle in den einzelnen Pfahlreihen gegeneinander zu versetzen (Fig. 744). Die äusserste

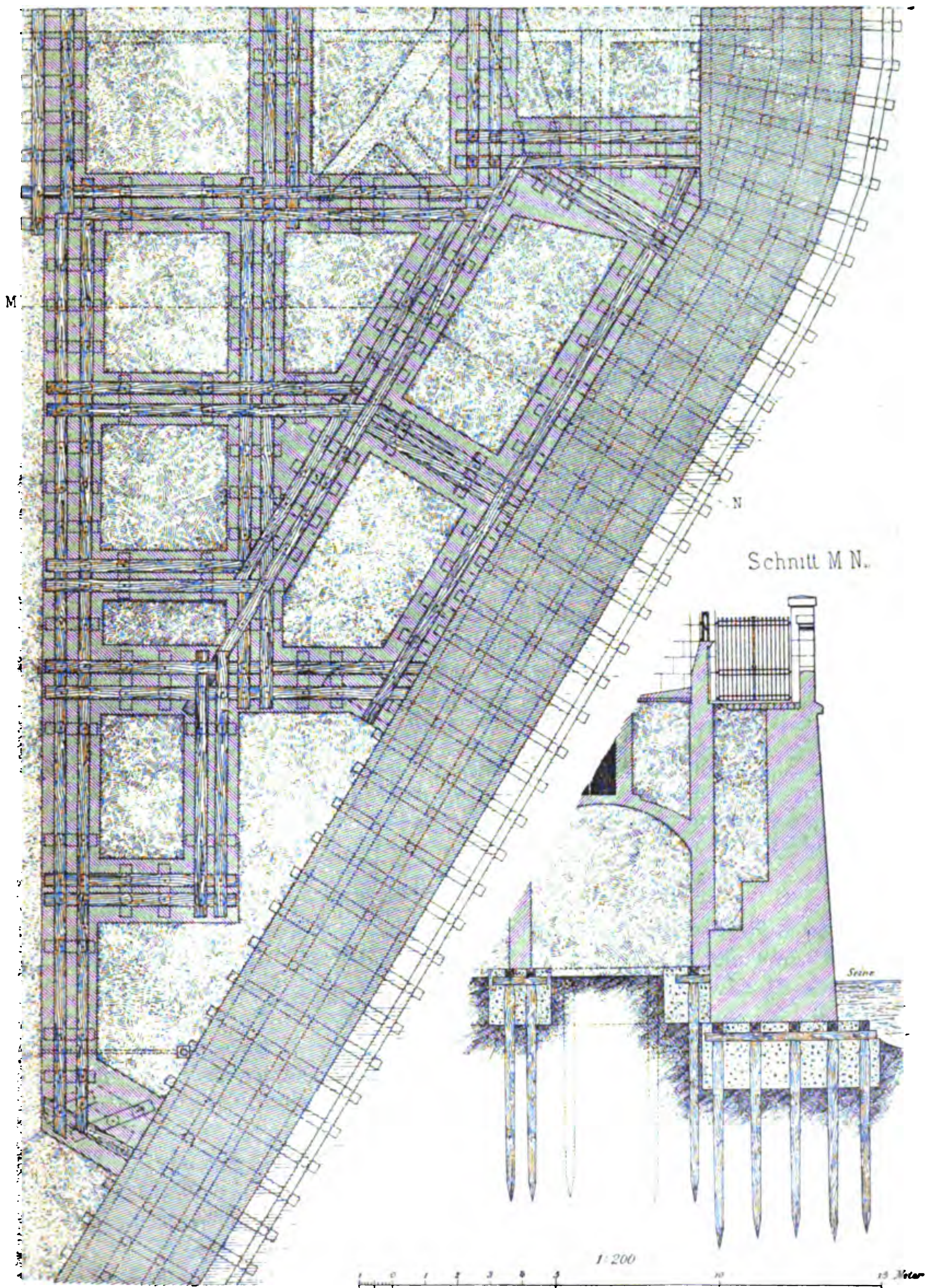
Fig. 745.





1/100 w. Gr.

Fig. 748.



Fundamentplan des Leichenſchauhauſes zu Paris. — Südliche Hälfte [260]).

260) Nach: *Revue gén. de l'arch.* 1864, Pl. 39.

Pfahlreihe *a* (Fig. 745) wird ziemlich häufig bündig mit dem Haupt des darüber ftehenden Mauerwerkes gelegt; nur den Bohlenbelag läfst man bisweilen etwas vortreten. Diefe Anordnung ift unrichtig, weil alsdann die äufseren Pfahlreihen weniger zu tragen haben wie die zwifchenliegenden, daher leicht ungleichmäfsige Setzungen eintreten können. Deshalb müffen entweder die äufseren Pfahlreihen etwas (um ca. 20 bis 30 cm) nach innen gerückt werden (Fig. 746), oder fie find fo weit nach aufsen zu fchieben, dafs die ihnen zunächft gelegenen Pfahlreihen ebenfo belaftet find, wie die zwifchen den letzteren befindlichen (Fig. 747). Die zweitgedachte Anordnung ift koftfpieliger und empfiehlt fich nur für grofse Belaftungen.

Bei der Gründung von Bauwerken, deren Grundrifs weniger regelmäfsig geformt ift, geftaltet fich die Verteilung der Roftpfähle weniger einfach. Handelt es fich um einen Betonpfahlroft, fo hat man ziemlich freie Hand; wenn jedoch Holzfchwellen auf die Pfähle zu liegen kommen, fo mufs man auf thunlichfte Reihenanordnung der letzteren fehen. Fig. 748 giebt ein Beifpiel für eine unregelmäfsigere Grundrifsanordnung.

Fig. 749.



Vom Leichen-fchauhaus zu Paris[260]). 1/50 w. Gr.

461. Pfähle.

7) Die Roftpfähle regelmäfsig zu behauen, ift nicht notwendig; es genügt, wenn die Rinde abgelöft wird. In der That kommen vier- oder gar achteckig (Fig. 749) behauene Pfähle fehr felten vor. Bezüglich der Form der Pfahlfpitze, der Geftalt der etwa anzuwendenden Pfahlfchuhe etc. ift bereits in Art. 150 bis 152 (S. 111 u. 112) das Erforderliche gefagt worden. Die Pfahlköpfe müffen fo tief gelegen fein, dafs die Oberkante der etwa darauf zu fetzenden Holzkonftruktion mindeftens 30, beffer 50 cm unter den niedrigften Wafferftand zu liegen kommt.

Wie fchon in Art. 382 (S. 311) bemerkt wurde, ift hierbei auf eine möglicherweife fpäter eintretende Senkung des Grundwafferfpiegels Rückficht zu nehmen. In Hamburg hat man bei den um die Zeit nach dem grofsen Brande ausgeführten Häufern diefe Regel nicht befolgt. Bei den meiften Neubauten pflegte man etwa 60 cm unter der Kellerfohle den Boden auszuheben und, wenn fich kein tragfähiger Baugrund vorfand, ohne weiteres einen Pfahlroft auszuführen. Die Folgen diefes Verfahrens haben fich nach Senkung des Grundwafferftandes infolge des Sielbaues in übelfter Weife geltend gemacht, wovon die koftfpieligen Unterfahrungen der Fundamente vieler Häufer auf der ehemaligen Brandftätte ein deutliches Zeugnis geben.

b) Roftdecke.

Die Roftdecke, der Roftbelag oder die Zwifchenkonftruktion, welche die Laft des auf dem Pfahlrofte ruhenden Baukörpers aufnimmt und auf die Pfähle überträgt, kann eine Holzkonftruktion fein oder aus einem Betonkörper beftehen; bisweilen kommen beide Anordnungen vereinigt zur Anwendung.

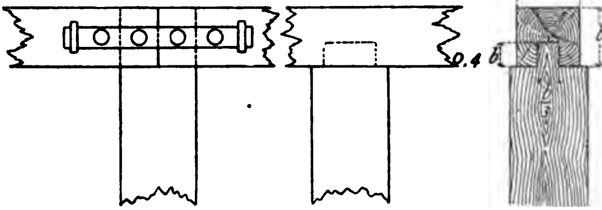
Die Roftdecke foll ftets winkelrecht zur Richtung des vom darauf zu fetzenden Baukörper ausgeübten Druckes ftehen. Hat man es hauptfächlich mit lotrechten Drücken zu thun, fo ftehen die Pfähle nach Früherem lotrecht, und die Roftdecke mufs wagrecht gelegen fein. (Vergl. auch Fig. 740, S. 369.)

462. Hölzerne Roftdecken.

1) Hölzerne Roftdecken find in ihrer Konftruktion mit den in Art. 444 (S. 361) befchriebenen Schwellroften fehr nahe verwandt. Zwei fich kreuzende Schwellenlagen mit einer Ausfüllung der Roftfache, fowie ein aufgebrachter Bohlenbelag bilden auch hier die gewöhnliche Anordnung (Fig. 746 u. 747).

463. Lang- und Querfchwellen.

Die einer Pfahlreihe angehörigen Pfähle werden meift durch Langfchwellen oder Holme miteinander verbunden. Stehen feitliche Verfchiebungen nicht zu befürchten, fo kann man diefe Schwellen nur ftumpf auf die in gleicher Höhe abgefchnittenen Pfähle auffetzen (Fig. 747); meiftens wird indes eine Verbindung beider vorgenommen. Diefelbe gefchieht am einfachften mittels ca. 40 cm langer und 3 cm dicker Holz-


Fig. 750. Fig. 751.

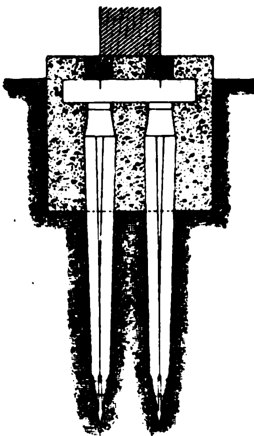
fchrauben oder auch nur mittels ebenfo langer Nägel. Die Verbindung wird am widerftandsfähigften, wenn man an die Pfahlköpfe kurze Zapfen (ca. 15 cm lang, 6 bis 8 cm breit, 8 bis 12 cm hoch) anfchneidet und die Langfchwellen mit entfprechenden Zapfenlöchern verfieht (Fig. 750 u. 751). Man läfst wohl auch die Pfahlzapfen durch die ganze Schwellenhöhe hindurchgehen und treibt alsdann von oben Keile in die Hirnenden der Zapfen ein; eine folche Anordnung ift zwecklos und koftfpielig, daher nicht zu empfehlen.

Längere Schwellen beftehen aus einzelnen Stücken, deren Stöfse jedesmal auf einen Pfahl zu liegen kommen; die Stofsverbindung gefchieht ebenfo, wie bereits in Art. 445 (S. 362) für die Schwellrofte angegeben wurde; bei ftumpfen Stöfsen (Fig. 750) werden die Zapfen am beften in der vollen Breite der Pfähle angefchnitten, damit die beiden Schwellenenden ficher gefafst werden.

Die Querfchwellen oder Zangen, welche der Quere nach auf die Langfchwellen zu liegen kommen, werden entweder blofs mittels eiferner, 40 bis 45 cm langer Nägel (Fig. 752), bezw. Holzfchrauben auf letzteren befeftigt oder auf die Langfchwellen aufgekämmt. Wenn indes, wie dies bei den meiften Hochbauten der Fall ift, die Langfchwellen die wichtigere Rolle fpielen, fo werden diefe gar nicht ausgefchnitten, fondern nur die Querfchwellen.

Bei Hochbauten liegen die Langfchwellen gewöhnlich zu unterft, und eine folche Anordnung, durch die eine Längsverankerung der ganzen Fundamentkonftruktion erzielt wird, ift ganz entfprechend. Wenn indes ftarke Seitenfchübe wirkfam find, wie bei Widerlagern von gröfseren Gewölben, bei Stützmauern etc., wenn infolge diefer das Ausweichen der Pfähle in der Querrichtung des Mauerwerkes zu befürchten wäre, fo ift es vorzuziehen, die Querfchwellen unmittelbar auf die Pfähle aufzuzapfen und die Langfchwellen erft auf diefe zu legen.

Fig. 752.



Vom Leichenfchauhaus zu Paris[260]. — 1/50 w. Gr.

Man hat in letzterem Falle wohl auch das unmittelbare Auffetzen der Langfchwellen auf die Pfahlköpfe beibehalten, jedoch die Roftzangen unter die letzteren gelegt; fie wurden doppelt (aus Halbhölzern) angeordnet, fo dafs die in einer Querreihe gelegenen Pfähle zwifchen je zwei Halbzangen gefafst und damit verbolzt wurden.

Die Bettung oder die Ausfüllung der Roftfache, welche auch hier aus Sand, Mauerfchutt, Steinpackung, Trockenmauerwerk, felbft aus Mörtelmauerwerk und aus Beton befteht, reicht bei Pfahlroften meift ziemlich tief (50 cm und darüber) unter die untere Schwellenlage hinab, was zum Teile mit der Ausführung zufammenhängt. 464. Bettung.

Für die letztere wird bei Hochbauten faft ftets die Ausfchachtung einer Baugrube erforderlich; die Tiefe derfelben hängt zum Teile von der Tiefenlage der unterirdifchen Räume und anderen örtlichen Verhältniffen ab; doch mufs fie jedenfalls fo grofs fein, damit die Oberkante der Holzkonftruktion tief genug unter den niedrigften Grundwafferfpiegel zu liegen kommt. 465. Ausführung.

Nachdem die Pfähle eingerammt worden find, wird zwifchen denfelben das Bodenmaterial auf eine Tiefe von 30 bis 50 cm, bisweilen auf eine noch gröfsere Tiefe ausgehoben; hierdurch wird das Abfchneiden der Pfähle in gleicher Höhe, erforderlichenfalls das Anfchneiden der Zapfen erleichtert.

Bei letzteren Arbeiten mufs Wafferfchöpfen ftattfinden. Man kann jedoch das Grundwaffer benutzen, wenn die Pfähle in gleicher wagrechter Ebene abzufchneiden find; man läfst in die anfangs trocken ge-

haltene Baugrube das Grundwaffer bis in Pfahlkopfhöhe eintreten und reifst in der Höhe des Grundwafferfpiegels an den Pfählen die betreffenden Marken ein.

Sind die Pfahlköpfe entfprechend vorbereitet, fo wird zwifchen den Pfählen die Bettung bis zur Höhe der Schwellenunterkante eingebracht; hierauf werden die beiden Schwellenlagen verfetzt und alsdann die von ihnen gebildeten Fache gleichfalls ausgefüllt.

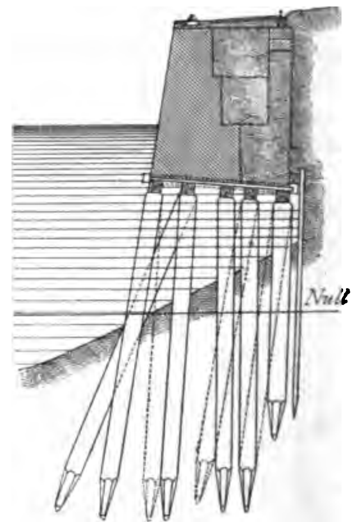
Bei Gründungen im offenen Waffer kann man gleichfalls durch Umfchliefsung der Bauftelle mit einer Spund- oder Pfahlwand, bezw. mit einem Fangdamm die Bildung einer wafferfreien Baugrube ermöglichen.

Das Abfchneiden der Pfähle in gleicher Höhe kann in diefem Falle auch unter Waffer, mittels fog. Grundfägen, gefchehen.

466. Hochliegende Pfahlrofte.

Die Herftellung und Trockenlegung einer Baugrube kann im offenen Waffer umgangen werden, wenn man ftatt des tiefliegenden den fchon erwähnten hochliegenden oder hohen Pfahlroft anwendet. Die aus dem Grunde hervorragenden Langpfähle reichen bis an das Niederwaffer und erhalten in diefer Höhe den Schwellenbelag (Fig. 753). Der Raum zwifchen den Pfählen wird häufig mit Steinfchüttungen ausgefüllt; bei gröfserer Höhe trachtet man die Standfeftigkeit des Fundaments durch ein zwifchen die Pfähle gelegtes Strebenwerk zu erhöhen.

Fig. 753.



Vom Sandthorquai zu Hamburg.
$^1/_{100}$ w. Gr.

Beim Bau der neuen Börfe in Königsberg (1871—73, Arch.: *H. Müller*) ift der dem Waffer zugekehrte Teil des Gebäudes auf Langpfählen gegründet. Um diefe abzufteifen, bezw. gegen Ausknicken zu fchützen, wurde zwifchen die Pfähle, nachdem fie durch Spundwände umfchloffen waren, eine Betonfchüttung eingebracht. Schliefslich wurde auf die Pfahlköpfe ein Bohlenbelag gelegt und auf diefen das Mauerwerk gefetzt.

467. Bohlenbelag.

Der Bohlenbelag wird hier ebenfo wie beim Schwellroft ausgeführt; feine Dicke, fowie auch die Abmeffungen der Schwellen find wie bei letzterem zu wählen. Die Anordnung der Schwellenlagen und des Bohlenbelages an Mauerecken und Mauerdurchkreuzungen findet gleichfalls wie bei den Schwellroften ftatt (vergl. auch Fig. 748, S. 373). Bisweilen fehlt der Bohlenbelag gänzlich; dies ift um fo zuläffiger, je tiefer die Bettung in den Boden reicht (Fig. 752); auch läfst man die eine oder die andere Schwellenlage weg, was insbefondere bezüglich der Querfchwellen gefchehen kann, fobald der Bohlenbelag die erforderliche Querverbindung hervorbringt.

Fig. 754.

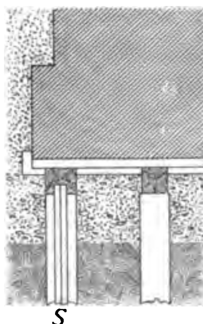


Fig. 755.

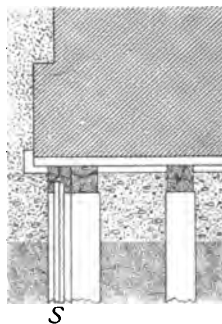
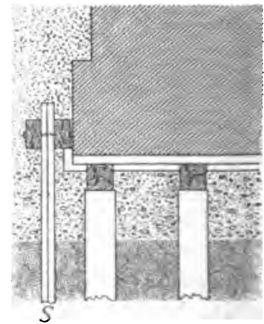


Fig. 756.



Anordnung von Spundwänden bei Pfahlroften. — $^1/_{100}$ w. Gr.

468. Spundwände.

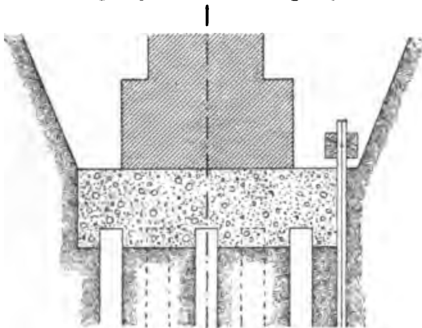
Sobald durch Waffer das Unterwafchen der Roftdecke oder das Erweichen der darunter befindlichen Bodenmaffen eintreten kann oder wenn man ftarkes feitliches Ausweichen

der lockeren Bodenſchicht und der darin ſtehenden Pfähle befürchtet, ſo iſt der Pfahlroſt durch eine Spundwand dagegen zu ſchützen. Dieſelbe umſchlieſst entweder das ganze Fundament, oder ſie wird nur an jener Seite geſchlagen, von wo aus der Angriff des Waſſers ſtattfindet. Bei Gründungen im offenen Waſſer dürfen Spundwände nur dann fehlen, wenn ſie durch Steinſchüttungen erſetzt werden.

Es iſt am vorteilhafteſten, die Spundwand *S* unabhängig von der Pfahlroſtkonſtruktion anzuordnen, wie in Fig. 756. Die Spundwand zwiſchen die äuſserſten Pfahlreihen oder unmittelbar neben dieſelben ſo zu legen, dafs die Roſtdecke oder der Bohlenbelag darüber hinwegreicht, iſt nur dann zuläſſig, wenn die Pfahlreihenanordnung nach Fig. 747 geſchehen iſt. Sonſt bewirkt die Spundwand ungleichmäſsige Senkungen, da ſie unter der Belaſtung ſich weniger ſetzt, als die dazu parallelen Pfahlreihen (Fig. 754 u. 755). Befürchtet man das ſeitliche Ausweichen der geſondert angebrachten Spundwand, ſo verbinde man ſie durch eiſerne Anker mit den Querſchwellen der Roſtdecke.

2) Betonpfahlroſte werden in der Weiſe gebildet, dafs man auf die eingerammten und in gleicher Höhe abgeſchnittenen Pfähle eine Betonſchicht von entſprechender Mächtigkeit aufbringt (Fig. 757 u. 758). Die Pfahlköpfe ſollen nicht weniger als 15 cm in den Betonkörper reichen, und dieſer ſollte über den Pfahlköpfen keine geringere Mächtigkeit als etwa 50 cm, beſſer 75 cm haben. Für die Herſtellung dieſer Betonſchicht gilt das über Betonfundamente bereits Geſagte. Spundwände, welche den Betonkörper umſchlieſsen und gegen Unterwaſchung ſchützen, ſollen hier niemals fehlen (Fig. 758). 469. Beton-pfahlroſte.

Fig. 757. Fig. 758.



Betonpfahlroſte. — 1/100 w. Gr.

Für die Gründung des neuen Reichstagshauſes in Berlin[261]) iſt an einzelnen Stellen (nördliche Türme und Kuppel), wo der Baugrund beſonders ungünſtig befunden wurde, Betonpfahlroſt-Gründung in Anwendung gekommen. Die mittels Dampframmen *Siſſon & White*'ſchen Syſtems in der Zeit vom 1. September bis 14. Oktober 1884 und zur Beſchleunigung der Arbeit mit Hilfe der elektriſchen Beleuchtung in den Abendſtunden geſchlagenen 2232 Stück Rundpfähle der Kuppel hatten bei einem mittleren Durchmeſſer von 25 cm eine Länge von 5,00 m, wurden in einer Tiefe von 1,10 m unter Niederwaſſer abgeſchnitten und mit einem Betonkörper von 1,40 m Stärke bedeckt. Die Pfähle wurden nach einem gleichſeitigen Dreieck in 1 m Entfernung von Mitte zu Mitte in ſchrägen Reihen, deren normaler Abſtand 86,6 cm betrug, eingerammt. Vorher war die ganze Baugrube durch eine Spundwand von 5,25 m Tiefe umſchloſſen worden. Nach Beendigung der Rammarbeiten wurde der Boden zwiſchen den Pfahlköpfen bis auf 15 cm unterhalb dieſer ausgehoben, ſo dafs die Pfahlköpfe um dieſes Maſs in die Betondecke eingreifen[262]). — Ueber die Koſten dieſer Gründung, insbeſondere auch im Vergleich zur gewöhnlichen Betongründung ſiehe den unten [261]) angezogenen Artikel.

Eine intereſſante Gründung dieſer Art wurde auch von *Durm* bei dem in den neunziger Jahren ausgeführten Bau der neuen proteſtantiſchen Kirche zu Badenweiler vollzogen (Fig. 759). Die Pfahlköpfe ſind 75 cm unter dem niedrigſten Waſſerſtand gelegen; die Pfähle ſind 6,00 m lang und 25 cm dick; ſie greifen 15 cm in die Betondecke ein. Letztere iſt 1,75 m ſtark und wurde durch Bandeiſeneinlagen verſtärkt [263]).

Die Stärke, welche die Betondecke unter den ungünſtigſten Verhältniſſen erhalten müſste, läſst ſich ermitteln, wenn man von der Vorausſetzung ausgeht, dafs dieſe Platte die ganze Laſt auf zwei benachbarte Pfahlreihen wie ein wagrecht eingeſpannter Balken vermöge ſeiner Biegungs- und Scherfeſtigkeit zu übertragen hat. 470. Stärke der Betondecke.

---

261) Siehe Art. 380 (S. 309).

262) Nach: Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 25.

263) Siehe: Durm, J. Die neue proteſtantiſche Kirche in Badenweiler. Deutſche Bauz. 1899, S. 137.

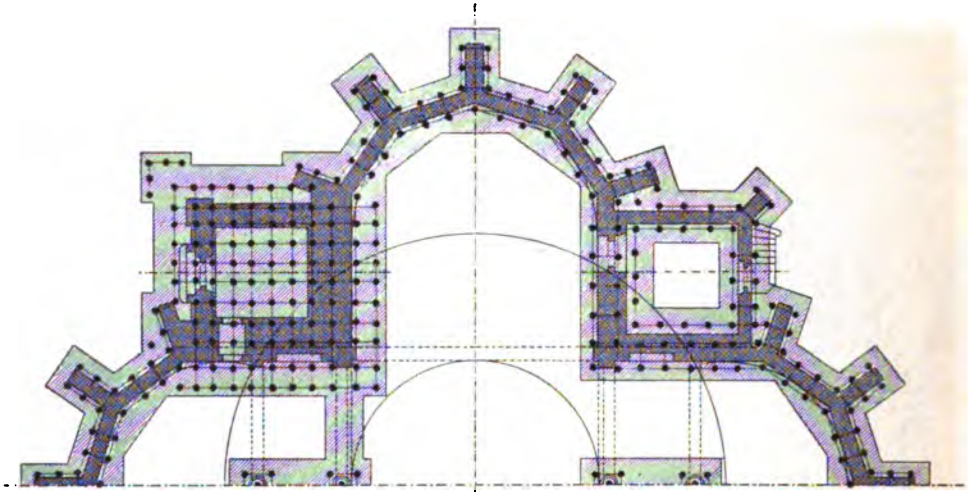
Allerdings liegt ein folcher Zuftand nur dann vor, wenn etwa durch Wafferadern an der Betonunterfläche die Berührung zwifchen Beton und Erde unterbrochen werden oder letztere dem Zufammenpreffen viel weniger Widerftand entgegenfetzen follte, als die Pfähle felbft.

Für Beanfpruchung auf Biegung ift die Gleichung [264])

$$\frac{\mathcal{J}}{a} = \frac{M}{K}$$

in Anwendung zu bringen, worin $\frac{\mathcal{J}}{a}$ das fog. Widerftandsmoment ift, $\mathcal{J}$ das Trägheitsmoment des Querfchnittes, a den Abftand der am meiften gezogenen Fafer von der Nulllinie, M das gröfste Biegungsmoment und K die gröfste zuläffige Zugbeanfpruchung des Betons bezeichnet.

Fig. 759.



Von der neuen proteftantifchen Kirche zu Badenweiler [233]).

Für einen beiderfeits eingefpannten Balken ift das gröfste Angriffsmoment, wenn p die Belaftung für die Flächeneinheit und l die freie Länge des Balkens bezeichnen,

$$M = \frac{1}{12} p\, l\,.$$

Ift h die Stärke der Betondecke, fo ift $a = \frac{h}{2}$ und für einen Streifen von $b = 1$ m Breite [265])

$$\mathcal{J} = \frac{1}{12} h^3.$$

Sonach wird, auf Grundlage der obigen Bedingungsgleichung,

$$\frac{1 \cdot h^3 \cdot 2}{12\, h} = \frac{p\, l}{12\, K},$$

woraus

$$h = \sqrt{\frac{p\, l}{2\, K}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 241.$$

Nimmt man K zu 1,8 kg für 1 qcm [266]) an, fo wird für Beanfpruchung auf Biegung

$$h = 0{,}0062 \sqrt{p\, l}\,. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 242.$$

Für die Beanfpruchung auf Abfcheren dicht neben den Pfählen ift die Schubfpannung für die Flächeneinheit [267])

$$\mathfrak{H} = \frac{3}{2}\, \frac{Q}{h},$$

---

[264]) Siehe Gleichung 36, S. 262 in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte diefes »Handbuches« (2. Aufl.: Gleichung 44, S. 65. — 3. Aufl.: Gleichung 59, S. 77).

[265]) Siehe Gleichung 43, S. 266 (2. Aufl.: Gleichung 19, S. 33. — 3. Aufl.: Art. 51, S. 35) ebendaf.

[266]) Siehe Tabelle auf S. 247 (2. Aufl.: S. 53. — 3. Aufl.: S. 64) ebendaf.

[267]) Siehe Art. 326, S. 287 u. Art. 329, S. 289 (2. Aufl.: Art. 102, S. 77 u. Art. 105, S. 78. — 3. Aufl.: Art 92, S. 68) ebendaf.

wobei wieder ein $b = 1$ m breiter Streifen angenommen wird und Q die Querkraft bezeichnet. Im vorliegenden Falle ift $Q = \frac{p\,l}{2}$, fonach

$$\mathfrak{H} = \frac{3}{4} \frac{q\,l}{h}.$$

Die für Schubfeftigkeit erforderliche Querfchnittsgröfse F ergiebt fich aus der Relation[268])

$$F = \frac{\mathfrak{H}}{T},$$

worin T die gröfste zuläffige Schubbeanfpruchung bezeichnet. Im vorliegenden Falle ift (für den 1 m breiten Streifen) $F = h$, fonach

$$h = \frac{\mathfrak{H}}{T} = \frac{3\,p\,l}{4\,h\,T},$$

woraus

$$h = \sqrt{\frac{3\,p\,l}{4\,T}} = 0{,}866 \sqrt{\frac{p\,l}{T}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 243.$$

Nimmt man die Schubfeftigkeit eines guten Zementmörtels zu 16 kg für 1 qcm und 10fache Sicherheit an, fo wird

$$h = 0{,}866 \sqrt{\frac{p\,l}{16\,000}} = 0{,}0068 \sqrt{p\,l} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 244.$$

Beifpiel. Beim Bau des neuen Reichstagshaufes in Berlin betrug die gröfste Belaftung der Betondecke ftellenweife 60 t für 1 qm und der Abftand der Pfahlreihen, wie im vorhergehenden Artikel gefagt, 87 cm; fonach ergiebt fich für Beanfpruchung auf Biegung

$$h = 0{,}0062 \sqrt{60\,000 \cdot 0{,}87} = 1{,}42 \text{ m}.$$

Die mit 1,40 m gewählte Stärke der Betondecke ift fonach ausreichend.

Für die Beanfpruchung auf Abfcheren ift die gröfste Schubfpannung bei der gewählten Stärke $b = 1{,}40$ m

$$\mathfrak{H} = \frac{3}{4} \cdot \frac{60\,000 \cdot 0{,}87}{1{,}4} = 28\,000 \text{ kg für 1 qm}$$

oder 2,8 kg für 1 qcm. Die Querfchnittsfläche $F = 1{,}4$ qm, fonach die Beanfpruchung auf Abfcheren

$$T = 2{,}0 \text{ kg für 1 qcm}.$$

Auch die Durchführung einer unter dem ganzen Gebäude durchgehenden Betonplatte (fiehe Art. 427, S. 346) ift auf den Betonpfahlroft übertragen worden. Es empfiehlt fich alsdann, unter denjenigen Teilen der Betonierung, auf welche die Mauern oder andere ftark belaftete Gegenftände zu ftehen kommen, die Pfähle dichter zu ftellen, als in den übrigen Teilen. 471. Durchgehende Betondecke.

Das neue pharmakologifche Inftitut in Berlin (Ecke der Dorotheenftrafse und Schlachtgaffe) wurde im Jahre 1879 auf einen derartigen durchgehenden Betonpfahlroft geftellt (Fig. 760 u. 761).

Die Betonplatte ift 2 m dick. Die Baugrube wurde, nachdem das Einrammen der Pfähle beendet war, zwifchen den letzteren ausgebaggert, die Pfähle unter Waffer, 90 cm unter dem niedrigften Wafferftande, abgefchnitten und dann der Beton eingebracht. Eine vergleichende Koftenberechnung fiel zu Gunften diefer Konftruktion aus.

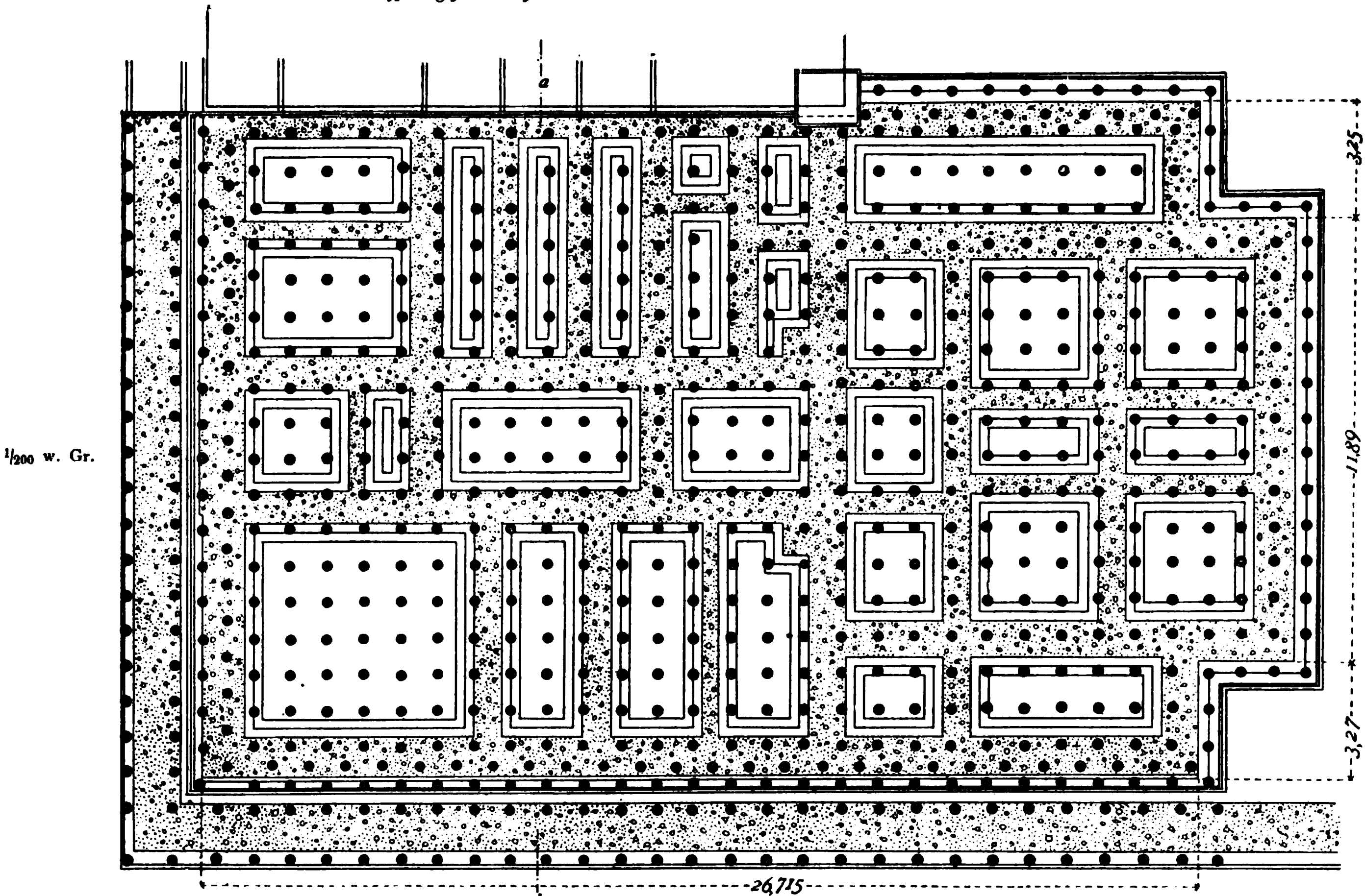
Die das Gebäude umgebende Futtermauer foll die vom Strafsenverkehre herrührenden Erfchütterungen fernhalten; deshalb durfte ihr Fundament mit dem des Gebäudes in keinem Zufammenhange ftehen (fiehe die Fufsnote 176 auf S. 300). Diefe Mauer erhielt eine gewöhnliche Pfahlroftgründung; ein Betonpfahlroft wäre, der doppelten Spundwände wegen, erheblich teuerer zu ftehen gekommen.

3) Eine Vereinigung der beiden unter 1 u. 2 vorgeführten Roftkonftruktionen kommt wohl auch zur Anwendung, wie dies aus Fig. 752 erfichtlich ift; indes ift das Hinzufügen der Holzfchwellen zum Betonkörper nur dann gerechtfertigt, wenn der letztere nicht feft genug ift, um die erforderliche Längs- und Querverankerung der Pfähle hervorzubringen. 472. Sonftige Anordnungen.

Eine eigentümliche Art von Pfahlroft wandten fchon die Römer an. *Vitruv* fagt darüber: Es wurden zunächft angekohlte Spitzpfähle aus dem Holz des Erlen-, Eichen- oder Oelbaumes ziemlich dicht

268) Siehe Gleichung 27, S. 255 (2. Aufl.: Gleichung 39, S. 57. — 3. Aufl.: Gleichung 50, S. 68) ebendaf.

Fig. 760.



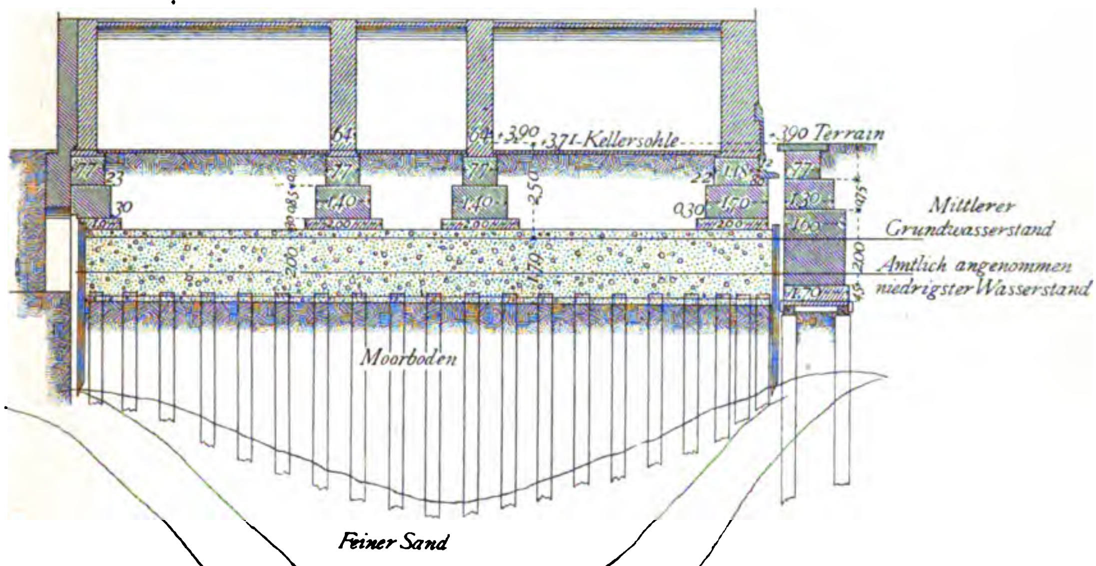
Fundamentplan des neuen pharmakologischen Instituts zu Berlin[269]).

nebeneinander gefchlagen. Zwifchen den Pfahlköpfen wurde eine Schicht Holzkohle ausgebreitet, um die Konfervierung der Pfähle zu fördern. Ueber den Pfahlköpfen wurde Mauerwerk aus Quadern mit möglichft langen Bindern hergeftellt etc.

4) Bezüglich der Anwendung der Pfahlroftfundamente find bereits in Art. 454 (S. 369) die beiden Hauptfälle hervorgehoben worden, in denen diefe Gründungsweife befonders in Frage kommt. Es ift auch fchon gefagt worden, dafs jene Anordnung den Vorzug verdient, wobei die Pfahlfpitzen auf oder in der tragfähigen Bodenfchicht ftehen. 473. Anwendung.

Unter den verfchiedenen Pfahlroftkonftruktionen ift im allgemeinen dem Betonpfahlroft der Vorzug zu geben. Derfelbe geftattet meift eine einfachere und rafchere Ausführung; feine Koften find jedenfalls nicht höher als diejenigen des gewöhnlichen Pfahlroftes, und man vermeidet zwifchen Pfählen und Mauerwerk eine Zwifchenkonftruktion, die aus fo verfchiedenartigem Material und aus fo vielen

Fig. 761.



Schnitt nach *ab* in Fig. 760 [269]) — 1/200 w. Gr.

Teilen befteht; Wafferfchöpfen, welches nicht felten nachteilig auf die Nachbargebäude wirkt, kann gänzlich vermieden werden. Die gewöhnliche Pfahlroftkonftruktion follte man nur dann dem Betonpfahlroft vorziehen, wenn man eine Betonierung nicht leicht ausführen kann, oder wenn in fehr lockerem Boden eine befonders kräftige Verankerung der Roftpfähle untereinander erforderlich wird. Im übrigen läfst fich letztere auch beim Betonpfahlroft durch geeignete Eifeneinlagen erzielen.

Sonach läfst fich die Anwendung des Betonpfahlroftes für Hochbauten ziemlich allgemein empfehlen. Es ift zu bedauern, dafs fich derfelbe im Hochbauwefen noch keinen weiteren Eingang verfchafft hatte, obwohl die bei Ingenieurbauten gemachten Erfahrungen darthun, dafs dies ein fehr zweckmäfsiges und zuverläffiges

269) Nach den von Herrn Reg.- u. Baurat *Zaftrau* freundlichft zur Verfügung geftellten Plänen.

Gründungsverfahren ist[270]. Um so erfreulicher ist es, dafs in der neuesten Zeit, wie die Beispiele in Art. 469 u. 471 zeigen, ausgiebigere Anwendung von dieser Fundamentkonstruktion gemacht wird.

Schliefslich soll nicht unerwähnt bleiben, dafs Pfahlrostgründungen stets kostspielige Gründungsverfahren sind. Sie kommen um so teuerer zu stehen, je länger die Rostpfähle sind. Man ist in letzterer Beziehung bis zu 20 m und mehr Pfahllänge gegangen; indes sollte man 12, höchstens 15 m nicht leicht überschreiten; bei gröfserer Gründungstiefe kommt in vielen Fällen die Gründung mit anderweitigen versenkten Fundamenten billiger zu stehen[271]. Die Pfahlrostgründung stellt sich dagegen in jenen Fällen am billigsten heraus, wo über dem tief anstehenden tragfähigen Sandboden eine mächtige, weiche Alluvial-, Moor- oder Dargschicht lagert, wie dies z. B. in den deutschen und holländischen Nordseemarschen vorkommt.

Roste mit eingerammten Pfählen dürfen nicht angewendet werden, wenn durch die beim Einrammen der Pfähle erzeugten Erschütterungen nahe stehende Gebäude, unterirdische Rohrleitungen etc. Schaden leiden könnten, ein Fall, der in unseren Städten nicht selten vorkommt.

Die Pfahlrostgründung wird wohl auch mit anderen Gründungsverfahren vereint angewendet. Fig. 710 (S. 341) zeigt eine Pfeilergründung mit Pfahlrost; in diesem Falle sind die Mauern des betreffenden Speichers auf einzelnen Pfeilern gegründet; zwischen letzteren sind Erdbogen eingeschaltet; Mauern und Pfeiler ruhen auf einem Pfahlrost.

Litteratur
über »Pfahlgründungen«.

Neue Art der Pfahlgründung und Verankerung. Civiling. 1855, S. 124.

VAN RONZELEN. Ueber die Anwendung von Schrägpfählen bei Fundamenten von Futtermauern. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1858, S. 462.

Beobachtungen über Pfahlgründungen durch Einschrauben. HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1862, S. 162.

Fundirungen auf Pfahlrost nach Compression des Bodens. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1865, S. 276.

Eine Erfahrung bei Fundaments-Bauten in Treibsand. Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1867, S. 41.

BÜCKING, H. Fundation einer Lokomotiv-Drehscheibe auf dem Bahnhofe Bremen. Deutsche Bauz. 1878, S. 178.

Promenade pier, Aldborough, Suffolk. Engineer, Bd. 46, S. 182, 183.

Iron promenade pier, Skegness. Engineer, Bd. 49, S. 42, 44, 66, 72.

PFEIFER. Der Pfahlrost des Gerichtsgebäudes in Braunschweig und das Einspülen von Pfählen. Centralbl. d. Bauverw. 1882, S. 467.

HAGN. Ueber Untersuchungen bez. der Zusammenpressung von Langhölzern bei Gründungen. Deutsche Bauz. 1887, S. 583.

The foundations for the U. S. government post office and custom house building at Chicago. Architecture and building, Bd. 29, S. 211.

[270]) Für Brückenpfeiler in gröfseren Waffertiefen kommt der gewöhnliche Pfahlrost nur mehr selten zur Anwendung. Mittels Betonpfahlrost sind in neuerer Zeit die Pfeiler sehr grofser Strombrücken gegründet worden. Rostpfähle mit Betonschichten von 6 bis 8 m Mächtigkeit haben sich vorzüglich bewährt.

[271]) Nach einer von *Funk* gemachten Zusammenstellung, welche sich auf ca. 50 neuere Brückengründungen erstreckt, ergeben sich die durchschnittlichen Kosten von 1 cbm Brückenpfeiler bis zum Niederwasserstand bei Gründung auf Betonpfahlrost zu 97, bei Gründung auf Senkbrunnen zu 71 Mark. — Bei 19 Pfeilern, welche in neuerer Zeit für 6 sächsische Elbbrücken ausgeführt worden sind, stellten sich die Kosten des Pfeilermauerwerkes bis zur Wasserhöhe

	bei Pfahlrostgründung:	bei Senkbrunnengründung:
für 1 cbm	zwischen 105 u. 197 Mark;	zwischen 82 u. 125 Mark;
» 1 qm Sohlenfläche	zwischen 327 u. 480 Mark;	zwischen 254 u. 859 Mark;
» 1 qm des reinen Mauerwerkes	zwischen 447 u. 685 Mark;	zwischen 308 u. 1008 Mark.

(Siehe auch: BRENNECKE, L. Ueber die Beurtheilung des Werthes und die Wahl der Gründungsart. Deutsche Bauz. 1887, S. 412.)

2. Kapitel.

Senkbrunnengründung.

Die Gründung auf Senkbrunnen ift grundfätzlich nichts anderes, als die Gründung auf einzelnen Fundamentpfeilern, wie folche in Art. 411 bis 416 (S. 334 bis 338) vorgeführt wurde. Auch hier werden Pfeiler auf die tragfähige Bodenfchicht gefetzt und im oberen Teile durch geeignete Konftruktionen miteinander verbunden; auf dem fo gebildeten Unterbau kann alsdann das aufgehende oder Tagmauerwerk aufgeführt werden. 474. Ueberficht.

Der einzige Unterfchied zwifchen der Pfeiler- und Brunnengründung liegt in der Art und Weife der Pfeilerherftellung. Bei der früher befchriebenen Pfeilergründung mufste die nicht tragfähige Bodenfchicht abgegraben werden, und auf der Sohle der fo gebildeten Baugrube wurde der Pfeiler maffiv aufgemauert. Im vorliegenden Falle jedoch find die Fundamentpfeiler durch die lockere Bodenfchicht hinabzufenken und werden infolgedeffen zunächft hohl oder brunnenartig ausgeführt. Im Hohlraume des Pfeilers wird mittels Handarbeit oder mit Hilfe mechanifcher Vorrichtungen unter dem Brunnenmantel allmählich das lockere Bodenmaterial entfernt und auf diefe Weife der Brunnen zum Sinken gebracht. Ift die Senkung bis auf die erforderliche Tiefe vollzogen, fo wird der Brunnen mit geeignetem Material ausgefüllt und hierdurch in einen maffiven Fundamentpfeiler verwandelt.

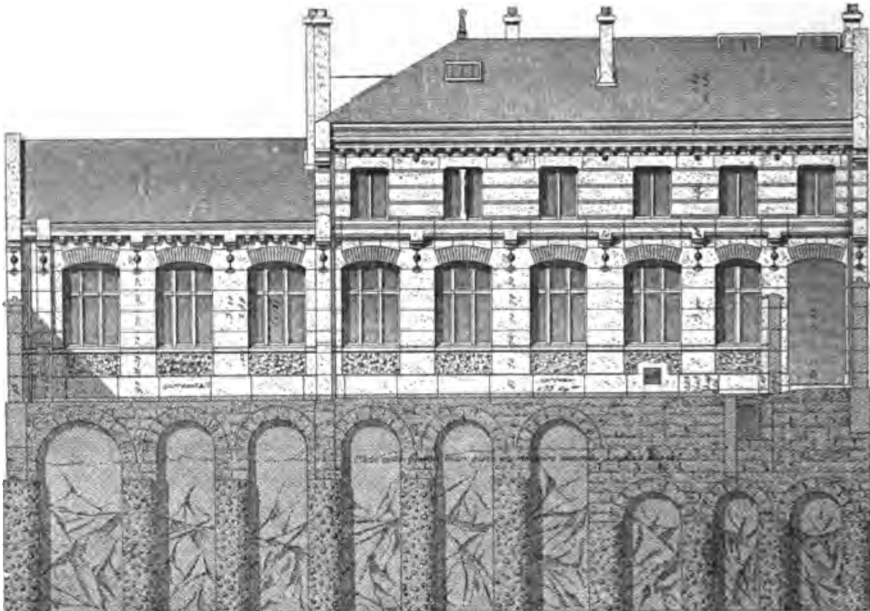
Die innige Verwandtfchaft zwifchen der gewöhnlichen Pfeiler- und der Senkbrunnengründung zeigt fich auch in der Thatfache, dafs nicht felten bei einem und demfelben Gebäude ein Teil der Fundamentpfeiler innerhalb ausgefchachteter Baugruben maffiv aufgemauert, ein anderer aber brunnenartig verfenkt wird; in der Regel find hierbei die Gründungstiefe und der geringere oder ftärkere Wafferandrang mafsgebend. — An der Bauftelle der neuen Lokomotiv-Reparaturwerkftätte auf dem Bahnhofe zu Genthin fand fich eine nach Süden ausgehende Torffchicht, welche an der nordöftlichen Ecke des Gebäudes am mächtigften war und dort 6 m Tiefe befafs; die Werkftätte wurde auf Pfeilern aufgeführt, welche durch Grundbogen verbunden waren; 16 Pfeiler konnten in gewöhnlicher Weife auf dem unter dem Torf anftehenden Sande hergeftellt werden; bei den übrigen 24 Pfeilern war die zu durchdringende Torffchicht zu mächtig und der Wafferzudrang zu ftark, fo dafs Brunnenpfeiler verfenkt wurden.

In Art. 414 (S. 337) wurde bereits gefagt, dafs unter gewöhnlichen Verhältniffen Senkbrunnen, die wohl auch Fundamentbrunnen, Senkfchächte, Brunnenpfeiler etc. genannt werden, bei etwa 5 bis 6 m Tiefe billiger, als gewöhnliche Fundamentpfeiler zu ftehen kommen. Bei noch gröfserer Gründungstiefe verurfacht die Ausfchachtung, erforderlichenfalls auch die Zimmerung der Baugrube, fowie die Wafferhaltung derfelben zu bedeutende Koften. Die Verhältniffe geftalten fich für die Brunnengründung noch günftiger, wenn der Wafferzudrang ein befonders ftarker oder die zu durchdringende, nicht tragfähige Bodenfchicht befonders locker ift, fo dafs die Baugrubenzimmerung fehr kräftig ausgeführt werden müfste.

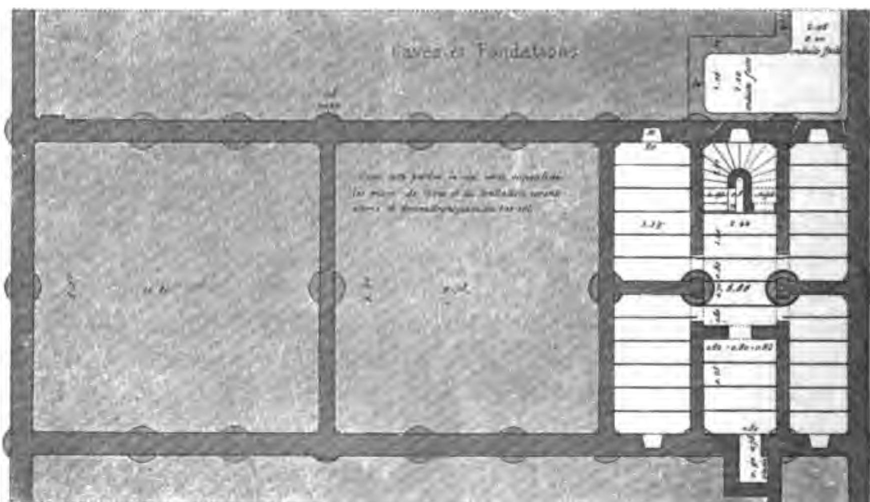
Die Gründung auf Senkbrunnen tritt auch nicht felten an die Stelle der Pfahlroftgründung; dies wird befonders dann gefchehen, wenn fehr leicht beweglicher Boden vorhanden ift, worin die Pfähle keinen genügend ficheren Halt bekommen. Allein auch in anderen Fällen wird man Senkbrunnen vorziehen, weil fie häufig billiger find als Pfahlrofte (vergl. die Koftenangaben in der Fufsnote 271, S. 382), weil man von der Höhenlage des Wafferfpiegels unabhängig ift und weil fchädliche Erfchütterungen, die durch das Einrammen von Pfählen erzeugt werden, vermieden find.

Die Gründung auf Brunnenpfeilern ift feit vielen Jahrhunderten im Orient, insbefondere in Indien, im Gebrauche. Ein arabifcher Schriftfteller, der Aegypten im Jahre 1161 durchreifte, befchreibt fchon diefe Gründungsweife. Der Sand- und Thonboden Indiens ift fo beweglich, dafs Pfahlrofte ohne Wirkfamkeit find; auch ift die Ramme für Indien eine zu verwickelte Mafchine. Dagegen ift die Brunnengründung

Fig. 762.



Anficht.



Fundamentplan.

Schulhäufergruppe für Knaben zu Paris, *Rue Baudricourt*[273]). — $^1/_{250}$ w. Gr.

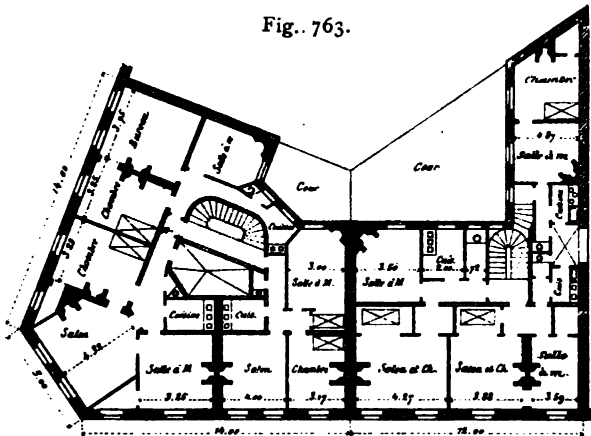
für die dortigen Baugrundverhältniffe und die Bauftoffe, die zur Verfügung ftehen, ganz geeignet. Dazu kommt eine Religion, welche die grofsen Ströme vergöttert, die Erbauung von Tempeln an ihren Ufern begünftigt, und deren Zeremonien zum Teil im Flufsbett felbft gehalten werden; man war daher genötigt, ein Mittel zu finden, um auf beweglichem Boden fichere Fundamente zu errichten.

273) Fakf.-Repr. nach: *Moniteur des arch.* 1875, Pl. 21.

Die Hindus führen die Brunnengründungen ganz ähnlich aus, wie dies im folgenden für unsere Gründungen dieser Art noch beschrieben werden wird. Die Engländer haben das Gründungsverfahren der Indier beibehalten und bei den Eisenbahnbauten in Indien vielfach in Anwendung gebracht[273].

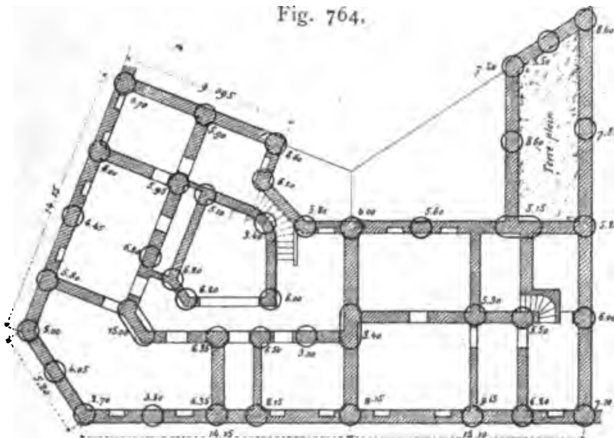
Nach *Gilly's* Mitteilungen soll im Jahre 1798 in Berlin die erste Brunnengründung, und zwar unabhängig vom indischen Verfahren, zur Ausführung gekommen sein. Indes scheint es, dafs ihre Anwendung erst seit dem Jahre 1846, seit beim Bau des Stationsgebäudes der Berlin-Hamburger Eisenbahn zu Berlin in gröfserem Mafsstabe Gebrauch davon gemacht wurde, eine allgemeinere geworden ist.

Fig. 763.



Hauptgefchofs.

Fig. 764.



Kellergefchofs.

Wohn- und Gefchäftshäufer in Paris, *Rue Rochechouart*[275]).

1/500 w. Gr.

Die Tiefenmafse für die Brunnenpfeiler find von der Kellerfohle an gerechnet.

Die Fundamentbrunnen werden meiftens, insbefondere im Hochbauwefen, bis auf die tragfähige Bodenfchicht gefenkt; in fehr feltenen Fällen wird die Senkung blofs auf eine folche Tiefe bewirkt, dafs die Brunnenpfeiler in lockerem Boden nur vermöge der Reibung an den Aufsenwandungen die erforderliche Standfeftigkeit erhalten.

Will man im letzteren Falle die Tiefe, bis zu welcher die Senkung auszuführen ift, annähernd berechnen, fo hat man das Bodenmaterial als zerfliefsbare Maffe anzufehen und den Brunnenpfeiler als fchwimmenden Körper zu betrachten, aufserdem aber die Reibung zwifchen Erdreich und Mauerwerk in Rechnung zu ziehen[274]).

Wenn irgend thunlich, trachte man die Brunnenpfeiler auf tragfähigen Baugrund zu fetzen; dies ift hier im allgemeinen von noch gröfserer Wichtigkeit, als bei maffiv ausgeführten Fundamentpfeilern, da die Verbreiterung des Fundaments, die Abfteifung durch Erdbogen oder durch umgekehrte Gewölbe etc. ausgefchloffen ift.

a) Anordnung und Konftruktion der Senkbrunnen.

Die Zahl und Verteilung der Senkbrunnen, auf welche ein Gebäude zu gründen ift, hängt vom Querfchnitt derfelben und von der Grundrifsanordnung des betreffenden Bauwerkes ab. Man legt zunächft an jede Mauerecke, an jede Mauerdurchkreuzung und an jede fonftige Stelle, wo eine Mauer gegen die andere ftöfst, einen Brunnen; 475. Zahl und Verteilung.

273) Vergl.: Gefchichtliche Notiz über Fundirungen auf Röhren. Notizbl. d. Allg. Bauz. 1860, S. 450.

274) Siehe hierüber auch Art. 376 (S. 304).

275) Fakf.-Repr. nach: *Nouv. annales de la conft.* 1871, Pl. 39.

alsdann werden auf Grundlage der Fenfter- und Thüreinteilung weitere Zwifchenbrunnen eingefchaltet, wobei namentlich darauf zu fehen ift, dafs die Hauptfenfterfchäfte, fowie Konftruktionsteile, die eine befonders ftarke Belaftung erfahren, auf einen Brunnen zu ftehen kommen.

Fig. 762 zeigt die Anordnung von Brunnenpfeilern für einen regelmäfsig geftalteten Grundrifs; in Fig. 763 u. 764 ift der Fundamentplan eines auf unregelmäfsig geformter Baufläche ausgeführten Doppelhaufes dargeftellt.

476. Querfchnitt. In gleicher Weife, wie gewöhnliche Fundamentpfeiler, müffen auch die Brunnenpfeiler einen fo grofsen wagrechten Querfchnitt erhalten, dafs fie den vom darauf ruhenden Baukörper ausgeübten Druck aufzunehmen und auf den Baugrund in geeigneter Weife zu übertragen im ftande find. Unter gewöhnlichen Verhältniffen ergiebt fich die Entfernung der Brunnen (von Mitte zu Mitte) mit 3 bis 4 m, ihr

Fig. 765.

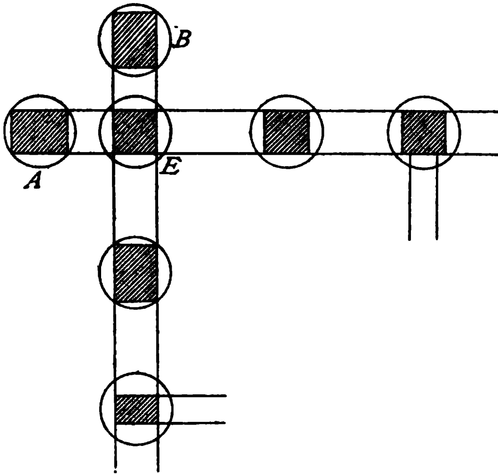
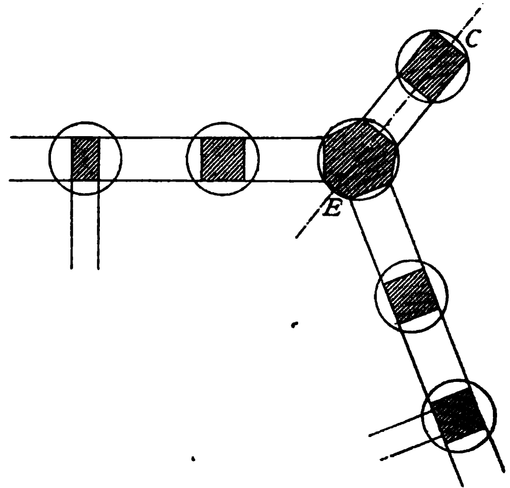


Fig. 766.



1/200 w. Gr.

äufserer Durchmeffer mit 1,60 bis 2,00 m; nur bei fehr ungünftigen Druck- und Baugrundverhältniffen wird der Abftand zweier Brunnen kleiner als 3,00 m und der Durchmeffer derfelben gröfser als 2,25 m genommen. Stehen die Brunnen fehr nahe aneinander und ift die Gründungstiefe keine grofse, fo wendet man wohl auch nur Brunnen von 1,50 m oder noch kleinerem Durchmeffer an.

Mit den Querfchnittsabmeffungen der Brunnenpfeiler unter ein gewiffes kleinftes Mafs herabzugehen, ift nicht ftatthaft, weil einerfeits die Dicke des auf die Brunnen zu fetzenden Mauerwerkes in diefer Beziehung eine Grenze fetzt; andererfeits mufs der lichte Durchmeffer des Brunnens fo grofs fein, dafs die zu feiner Senkung erforderlichen Handhabungen im Hohlraum desfelben vorgenommen werden können. Sollen die letzteren durch Menfchenhand bewirkt werden, fo ift ein lichter Durchmeffer von mindeftens 0,90 bis 1,00 m erforderlich.

477. Eckbrunnen. An die Ecken der Gebäude legt man häufig etwas ftärkere Brunnenpfeiler. Wenn jedoch die Gebäudeecken befonders gefährdet find, wenn die unter diefelben gefetzten Brunnen von den Gurtbogen, welche fie mit den benachbarten Brunnen verbinden, oder von Gewölbkonftruktionen über den Fundamenten einen fehr ftarken Seitenfchub erfahren, und wenn der mit den Brunnen durchfahrene Boden leicht zur Seite ausweicht, fo werden die Eckbrunnen noch durch Hilfsbrunnen abgefteift. Man ordnet entweder in der Verlängerung beider die Ecke *E* (Fig. 765)

bildenden Mauern je einen folchen Hilfsbrunnen *A*, *B* an, oder man fenkt in der Halbierungslinie des Winkels, den die beiden Mauern bei *E* (Fig. 766) bilden, einen einzigen Hilfsbrunnen *C* ab. Von diefen Hilfsbrunnen werden alsdann Strebebogen gegen den abzufteifenden Eckbrunnen *E* gelegt. Wenn erforderlich, werden auch eiferne Anker im oberen Teile der Brunnen oder zwifchen den Gurtbogen eingezogen.

Man giebt bei Hochbauten den Senkbrunnen in der Regel einen kreisförmigen Querfchnitt; dies ift mit Rückficht auf die Senkung und den während derfelben auf den Brunnen einwirkenden Erddruck die vorteilhaftefte Grundrifsform. Indes ift nicht ausgefchloffen, dafs man auch quadratifch, rechteckig, oval (vergl. Fig. 764) oder anderweitig geftaltete Senkbrunnen, fobald dies die örtlichen Verhältniffe wünfchenswert erfcheinen laffen, zur Ausführung bringt. 478. Grundrifs.

Fig. 767.

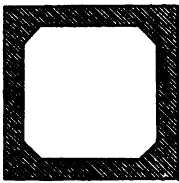
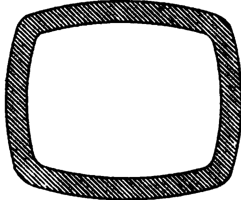


Fig. 768.



1/100 w. Gr.

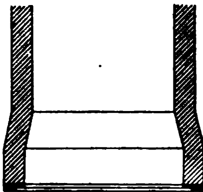
Wenn es fich um die Gründung kleinerer Bauwerke, wie Gedächtnisfäulen, fonftiger Denkmäler etc. handelt, wird in der Regel nur ein einziger Brunnen angewendet, der alsdann auch gröfsere Querfchnittsabmeffungen erhält. Man hat Brunnen von 4 bis 6 m und darüber Durchmeffer gefenkt; die Grundrifsgeftalt folcher Brunnen hängt felbftredend von der Grundform des betreffenden Bauwerkes ab.

Bei rechteckig geftalteten Brunnen empfiehlt es fich, die Ecken befonders feft zu konftruieren, da fie beim Senken am meiften leiden. Guter Verband und fchräge Ausmauerung nach Art von Fig. 767 entfprechen dem beabfichtigten Zwecke.

Hat ein gröfserer rechteckiger Brunnen eine geringe Mantelftärke und ift ftärkerer Erddruck, bezw. Wafferdruck zu erwarten, fo kann man auch nach Art von Fig. 768 die Brunnenwandungen nach aufsen zu konvex geftalten und die Ecken entfprechend abrunden.

Um beim Senken der Brunnen die Reibung im Erdreich zu vermindern, ift zu empfehlen, den Durchmeffer der Brunnen nach oben zu etwas abnehmen zu laffen. Dies gefchieht dadurch, dafs man entweder in einer Höhe von 0,50 bis 1,00 m über dem Brunnenkranz den Brunnenkörper etwas einzieht (nach Art von Fig. 769), oder dafs man die Brunnen in ihrer ganzen Höhe fchwach konifch (Verjüngungsverhältnis im Mittel 1 : 25) geftaltet.

Fig. 769.



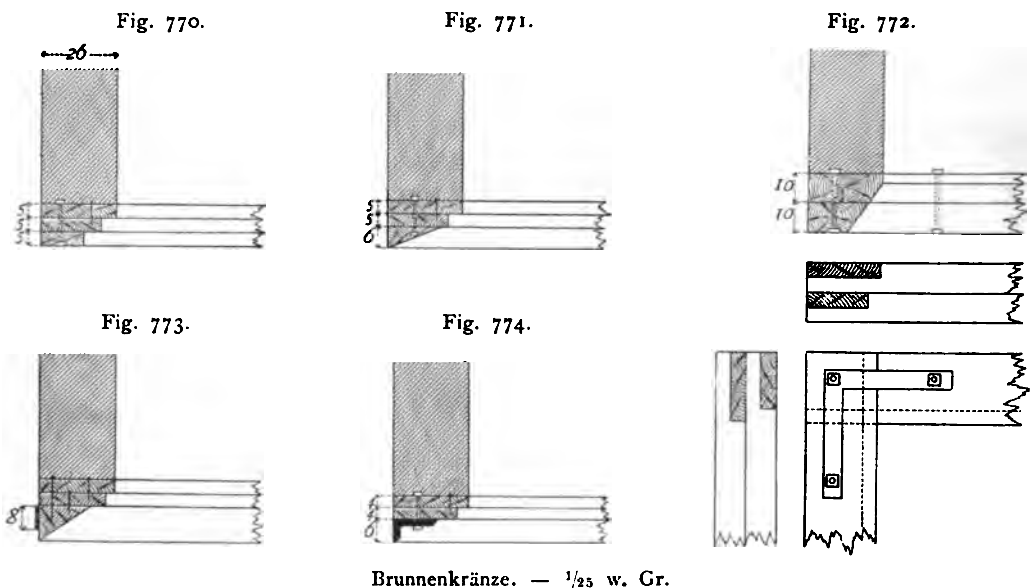
1/100 w. Gr.

Das Brunnenmauerwerk wird auf den fog. Brunnenkranz oder Schling aufgefetzt; derfelbe bildet eine Art liegenden Roftes, welcher zugleich den Zweck zu erfüllen hat, dem Mauerwerk während des Senkens einen feften Zufammenhang zu geben. Damit beim Senken der Schling leicht in den Boden eindringe, erhält er einen keilförmigen Querfchnitt (Fig. 770 u. 772); foll das Eindringen desfelben befonders erleichtert werden, fo wird feine Unterkante als Schneide (Fig. 771 u. 773) ausgebildet. 479. Brunnenkranz

Als Material für die Brunnenkränze wird der Hauptfache nach Holz verwendet; bisweilen tritt eine Eifenverftärkung hinzu. Ganz aus Eifen hergeftellte Schlinge kommen im Hochbauwefen kaum zur Anwendung.

Die Brunnenkränze beftehen meift aus 2 bis 3 Lagen 4 bis 5 cm ftarker Bohlen, die miteinander verbolzt und vernagelt werden. Um ein keilförmiges Profil zu erzielen, nehmen die Bohlenlagen nach unten an Breite ab (Fig. 770 u. 771); bis-

weilen ist die unterste Lage dreikantig zugeschnitten (Fig. 771). Die Stöfse der einzelnen Bohlenstücke sind in den zwei oder drei Lagen gegeneinander versetzt, so dafs in eine lotrechte Ebene nur eine Stofsfuge zu liegen kommt (Fig. 775 u. 776). Die unterste, kantig zugeschnittene Bohlenlage erfährt beim Senken den stärksten Angriff; sie wird deshalb in manchen Fällen, namentlich wenn man befürchtet, dafs man auf steinigen Boden stofsen wird, mit einem eisernen Reifen zu-



Brunnenkränze. — 1/25 w. Gr.

sammengehalten und verstärkt (Fig. 773); man hat sie wohl auch durch ein entsprechend gekrümmtes Winkeleisen (am besten ungleichschenklig mit 40 × 80 oder 50 × 75 mm Schenkellänge) ersetzt (Fig. 774).

Seltener werden Brunnenkränze aus 2 Lagen stärkerer Verbandhölzer (8 bis 10 cm dick) zusammengesetzt (Fig. 772).

480. Brunnenmantel. Für den Brunnenmantel bilden gute und scharf gebrannte Klinker, sowie guter Zementmörtel die geeignetsten Baustoffe; Trafsmörtel im vorliegenden Falle zu verwenden, ist nicht zu empfehlen, da derselbe zu langsam erhärtet. Für die im Hochbauwesen üblichen Brunnendurchmesser genügt eine Wanddicke von 1 Stein; nur bei ungewöhnlichen Abmessungen und bei sehr ungünstigen Bodenverhältnissen wendet man gröfsere Stärken an.

Das Füllmauerwerk der Brunnen, bezw. der dieselben ausfüllende Beton kommt nur um weniges billiger zu stehen, als das Mantelmauerwerk; weiters sinkt ein Brunnen von gröfserer Wandstärke besser, als einer von geringerer. Deshalb sollte man in der Bemessung der fraglichen Manteldicke nicht zu sparsam sein; mafsgebend ist in dieser Beziehung nur noch, dafs man den Innenraum des Brunnens mit Rücksicht auf die darin vorzunehmenden Arbeiten nicht zu sehr einengen darf. (Siehe hierüber auch Art. 476, S. 386.)

Anstatt der Ziegel kann man auch Hausteine, besonders in den höheren Schichten, verwenden. Auch

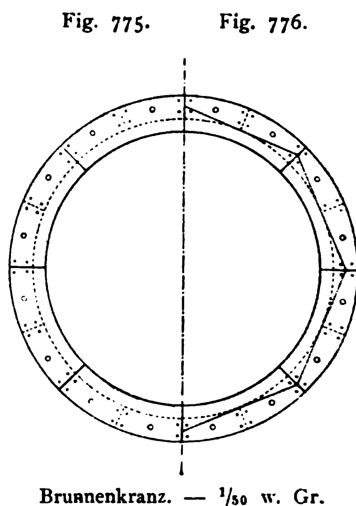


Fig. 775. Fig. 776.

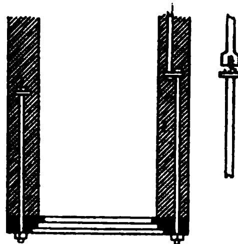
Brunnenkranz. — 1/50 w. Gr.

Betonbrunnen find wiederholt ausgeführt worden, fo z. B. bei den in Fig. 763 u. 764 dargeftellten Wohn- und Gefchäftshäufern in Paris.

Die Aufsenflächen des Brunnenmauerwerkes müffen thunlichft glatt geputzt werden, damit die Reibung im Erdreich möglichft gering wird. Grofse Brunnen werden aus gleichem Grunde mit einem Blechmantel umgeben. Glaubt man beim Senken auf Schwierigkeiten zu ftofsen, fo kann man, vom Schling ausgehend, Streichbretter anbringen, zwifchen denen der Brunnen ausgeführt wird. Oder man verftärkt den Brunnenkranz durch einen 1 bis 2 m hohen, fafsartigen Auffatz aus lotrechten Brettern, die durch Eifenringe und Nagelung miteinander verbunden find.

Haben die vorher vorgenommenen Bodenunterfuchungen ergeben, dafs man nicht mit genügender Sicherheit auf vollftändig gleichförmiges Sinken des Brunnens zählen darf, fo mufs man denfelben durch Verankerung gegen das Zerreifsen fchützen. Zu diefem Zwecke läfst man vom Brunnenkranz aus fefte, lange Eifenanker durchgehen und verlegt in angemeffener Höhe einen zweiten, jedoch fchwächeren Kranz, über welchem die Ankerbolzen verfchraubt werden; ftatt des zweiten Kranzes können auch gröfsere eiferne Scheiben verlegt werden. In gleicher Weife kann die Verankerung noch weiter nach oben fortgefetzt werden (Fig. 777). 481. Verankerung.

Fig. 777.



Brunnenverankerung.
1/100 w. Gr.

Für die Ausfüllung der in entfprechende Tiefe abgefenkten Brunnen kann jedes gute Steinmaterial und jeder gute hydraulifche Mörtel, namentlich auch Trafsmörtel, mit Vorteil benutzt werden. 482. Ausfüllung.

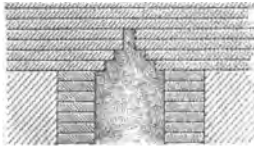
Die unterfte Füllfchicht befteht in der Regel aus Beton; diefelbe hat den Zweck, dem Auftrieb des Waffers entgegenzuwirken und das Ausfchöpfen des Brunneninnenraumes zu ermöglichen. Die geringfte Mächtigkeit diefer Betonfchicht läfst fich auf die in Art. 382 (S. 313) u. 425 (S. 345) angegebene Weife ermitteln. Kann der Beton 15 bis 20 Tage ftehen bleiben, fo kann zu feiner Bereitung Trafsmörtel verwendet werden; fonft benutze man rafch erhärtenden Zementmörtel.

Ueber der fo gebildeten Sohlfchicht befteht die Ausfüllung aus Bruchftein- oder Ziegelmauerwerk oder auch aus Beton. Eine Ausmauerung erfordert unter allen Umftänden, dafs der Brunneninnenraum wafferfrei gemacht werde; bei einer Ausbetonierung ift dies nicht unbedingt notwendig (vergl. das in Art. 430, S. 352 über die Herftellung von Betonfundamenten Gefagte). Ob man das eine oder das andere Material wählen foll, ift lediglich eine Koftenfrage. Im allgemeinen und unter gewöhnlichen Verhältniffen ift zwar der Beton teuerer als Mauerwerk; allein letzteres kommt im vorliegenden Falle höher zu ftehen, da das Mauern und das Hinabfchaffen der Bauftoffe in dem engen Brunneninnenraume koftfpielig wird.

Die Vereinigung der Brunnenpfeiler durch Grundbogen gefchieht in gleicher Weife, wie bei gewöhnlichen Fundamentpfeilern (vergl. Art. 412, S. 335). Im vorliegenden Falle werden faft ausfchliefslich halbkreisförmige Gurtbogen zur Ausführung gebracht, da die erforderliche Konftruktionshöhe wohl ftets vorhanden ift und weil derlei Bogen einen geringen Horizontalfchub ausüben. Um für die etwa 2 Stein ftarken Grundbogen ein gefichertes Widerlager zu haben, wird es bisweilen notwendig, die kreisrunde Grundrifsform in die quadratifche zu überführen; dies gefchieht durch Auskragung der oberen Steinfcharen nach Fig. 779. 483. Vereinigung der Brunnenpfeiler.

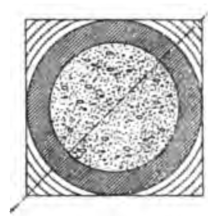
Stehen die Brunnen fehr nahe aneinander, fo kann man ftatt der Grundbogen Steinplatten anwenden, die von Brunnen zu Brunnen gelegt werden; auch kann man durch entfprechende Auskragung einiger Steinfcharen eine derartige Konftruktion ermöglichen (Fig. 778). Man hat auch, nachdem die oberen Steinfcharen der Brunnen ausgekragt waren, über fämtliche zufammengehörige Brunnen eine Betonplatte verlegt. Sind ftarke Zugfpannungen zu erwarten, fo kann man in diefe Platte eiferne I-Träger einlegen.

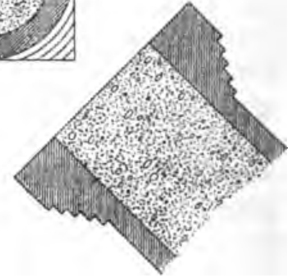
Fig. 778.



1/25 w. Gr.

Fig. 779.





1/100 w. Gr.

b) Ausführung der Brunnenpfeiler.

484. Anfangsarbeiten. Soll ein Brunnenpfeiler gefenkt werden, fo beginnt man in der Regel damit, die lockere Bodenfchicht fo tief abzugraben, als fich dies mit Rückficht auf die Koften empfiehlt. Keinesfalls wird man mit diefer Ausfchachtung unter den Grundwafferfpiegel gehen; fonft wird für die Tiefe der Baugrube namentlich die Befchaffenheit der zu Tage liegenden Bodenfchicht mafsgebend fein. Ift die letztere fehr locker, fo müffen die Wandungen der Baugrube fehr flach gehalten oder abgezimmert werden; beides erhöht die Herftellungskoften. Die Sohle der Baugrube wird unter allen Umftänden wagrecht abgeebnet.

Infolge örtlicher Verhältniffe kann man veranlafst werden, von der Herftellung einer Baugrube ganz abzufehen und mit der Senkarbeit unmittelbar an der Erdoberfläche zu beginnen. Hat die Bauftelle eine geneigte Lage, fo gräbt man den Boden entweder fo weit ab, bis man eine wagrechte Fläche von genügender Ausdehnung hat, oder man fchüttet fo viel Material auf, bis man ein gleiches Ergebnis erzielt hat.

Ift die Bauftelle in entfprechender Weife vorbereitet, fo wird der Brunnenkranz verlegt und die Mauerung des Brunnenmantels auf folche Höhe vorgenommen, als dies einerfeits noch bequem genug und ohne koftfpielige Gerüfte gefchehen kann und andererfeits das für das Senken erforderliche Gewicht es wünfchenswert erfcheinen läfst.

485. Senkung. Nunmehr kann die eigentliche Senkarbeit beginnen. Diefelbe befteht darin, dafs man im Innenraum des Brunnens das Bodenmaterial trichterförmig ausgräbt, bezw. in anderer Weife löft, und dafs durch die Laft des Brunnens dasjenige Erdreich in die hergeftellte Grube nachfällt, auf dem der Brunnenmantel fteht; hierbei wird die Brunnenmauerung oben im gleichen Mafse erhöht, als der Brunnen in den Boden einfinkt. Je gleichmäfsiger der Boden gelöft wird, defto gleichförmiger finkt der Brunnen. Man vermeide, fo weit als irgend möglich, plötzliches oder ftofsweifes Sinken, weil dies das Reifsen des Brunnenmauerwerkes, das Schiefftellen des Brunnens und fonftige Mifsftände herbeiführen kann. Infolgedeffen wird es fich empfehlen, die Löfung des Bodens mit grofser Vorficht vorzunehmen und nicht zu grofse Maffen desfelben auf einmal hervorzuholen.

Tritt ungeachtet aller Vorficht das Schiefftellen des Brunnens ein, fo müffen fchleunigft an der der gröfseren Senkung entgegengefetzten Seite die Bodenmaffen

entfernt werden, damit der Brunnen an diefer Stelle nachfinkt und fich wieder gerade richtet.

Anfangs finkt der Brunnen nur infolge feines Eigengewichtes ein. Indes erreicht man bald einen Zuftand, wobei der Brunnen nicht mehr finkt, obwohl die Löfung und Befeitigung des Bodens in genügender Weife vorgefchritten ift. Es entftehen hohle Räume unter dem Brunnenkranz, und man darf die Löfearbeit nicht weiter fortfetzen, weil fonft das plötzliche Sinken oder gar das Abreifsen des Brunnenmauerwerkes eintreten könnte. 486. Belaftung.

Das weitere Sinken des Brunnens mufs durch künftliche Belaftung desfelben gefchehen. Man bringt auf das Brunnenmauerwerk oder auf quer darüber gelegte Bohlen fchwere Gegenftände, wie grofse Steine, Eifenfchienen, Bleibarren, wohl auch Backfteine, die fpäter vermauert werden follen, oder Tonnen, in die man die gelöften Bodenmaffen fchüttet, Arbeitsgerüft etc.

Die Löfung des Bodens kann entweder durch Ausgraben desfelben im Trockenen oder unter Waffer gefchehen. Im erfteren Falle wird die Grabearbeit durch Menfchenhand unter fteter Wafferhaltung vorgenommen; im letzteren Falle find mechanifche Vorrichtungen für die Löfearbeit erforderlich, die meift gleichfalls durch Menfchen gehandhabt werden, für welche aber auch andere Motoren Verwendung finden können. 487. Löfung des Bodens.

Das. unmittelbare Ausgraben des Bodens durch Arbeiter im wafferfrei gehaltenen Brunneninnenraume ift im allgemeinen jedem anderen Senkverfahren vorzuziehen, da man den Verlauf der Senkarbeit, die Befchaffenheit des zu löfenden Bodens etc. fcharf überwachen kann. Das Emporfchaffen des ausgegrabenen Erdreiches gefchieht entweder durch Schaufelwurf, bei gröfserer Tiefe mit Hilfe von Zwifchengerüften, oder durch Eimer, die mittels Winden auf- und abgewunden werden. 488. Handarbeit.

Der Hauptnachteil diefes Verfahrens ift in den bedeutenden Koften der Wafferhaltung zu fuchen; bei fehr lofem Boden, bei ftarkem Wafferzudrang kann diefelbe entweder gar nicht oder nur mit vielen Schwierigkeiten durchführbar fein. Bei grofser Waffertiefe ift auch das Eindrücken des Brunnenmauerwerkes durch den äufseren Wafferdruck zu befürchten. Häufig tritt infolgedeffen an die Stelle unmittelbaren Ausgrabens des Bodens die Löfung mittels befonderer Grabevorrichtungen (Exkavationsapparate) ohne Wafferhaltung. Nachftehend follen die wichtigeren derfelben namhaft gemacht werden.

Es ift wohl auch verfucht worden, die Löfung des Bodens unter Waffer durch Taucher bewirken zu laffen; die Ergebniffe diefes Verfahrens waren indes nicht fo günftig, dafs es eine weitere Verbreitung gefunden hätte. Nur zum Befeitigen einzelner Hinderniffe, für gewiffe unter Waffer vorzunehmende Nebenarbeiten etc. werden Taucher verwendet.

In Indien bedient man fich von alters her bei Grundbauten eines Werkzeuges, das eine Schaufel mit kurzem Stiel bildet und *Tham* genannt wird. Ein Taucher fteigt mit diefer Schaufel in den Brunnen hinab, lockert auf der Sohle desfelben den Boden mittels feines Werkzeuges auf, füllt es mit dem gelöften Material und läfst fich mit der gefüllten Schaufel emporziehen. Derlei Taucher find fehr gefchickt und können etwa 1 Minute unter Waffer bleiben.

1) Bagger find diejenigen Grabevorrichtungen, die im Hochbauwefen bislang am meiften zur Anwendung gekommen find. Insbefondere find es die durch Arbeiter zu handhabenden Stielbagger, welche den anderen Vorrichtungen vorgezogen werden. Bei diefen ift das Baggergefäfs an einem langen Stiele befeftigt, der weit genug nach oben reicht, um ihn dort handhaben zu können. 489. Baggerarbeit.

Für ſandigen und für ſchlammigen Boden eignet ſich der Sackbagger oder Sackbohrer am beſten (Fig. 780 u. 781).

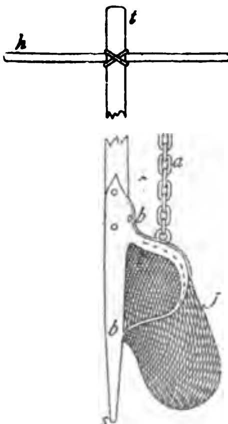
Bei dieſem beſteht das Baggergefäſs aus einem Sack *y* von Leder oder Leinen, der an einem Bügel *b b* befeſtigt iſt, deſſen äuſserer Rand als Schneide ausgebildet iſt. Bügel und Sack ſind am unteren Teile des Baggerſtieles *s t* angebracht; letzterer läuft daſelbſt in einen vortretenden eiſernen Dorn *s* aus, der von oben in den Boden gedrückt wird und den Stützpunkt bildet, um welchen Bügel und Sack gedreht werden. Zu dieſem Zwecke iſt am oberen Ende des Stieles ein zweiarmiger, etwa 90 cm langer Hebel *h* angebracht, den man mit der Hand (im Sinne der Bügelſchneide) drehen kann. Bei dieſer Drehung löſt die ſchneidige Kante des Bügels eine Partie der Bodenmaſſen, welche in den Sack fällt. Um den gefüllten, etwa 0,03 cbm faſſenden Sack heben zu können, iſt am Bügel oder am unteren Teile des Stieles ein Seil *a* befeſtigt, welches über eine Rolle läuft und meiſt auf eine Welle aufgewunden wird (vergl. Fig. 781). Die Arbeiter, welche den Sackbohrer handhaben, ſtehen auf einem leichten Gerüſte, welches auf dem Brunnenmantel aufruht.

Bei Senkbrunnen von gröſserer Weite hat man dem Sackbagger mitunter eine etwas andere Einrichtung gegeben, die unter dem Namen Drehbagger bekannt geworden iſt. Sack und Bügel werden dabei mit Kette und Winde quer durch den Brunnen gezogen, während man den Stiel durch ein Tau gegen das Hinaufdringen ſichert[276]).

In ſchwereren Bodenarten und bei gröſserer Tiefe reicht der Sackbohrer nicht mehr aus. In ſolchen Fällen erweiſt ſich die indiſche Schaufel als eine ebenſo zweckmäſsige, wie einfache Grabevorrichtung.

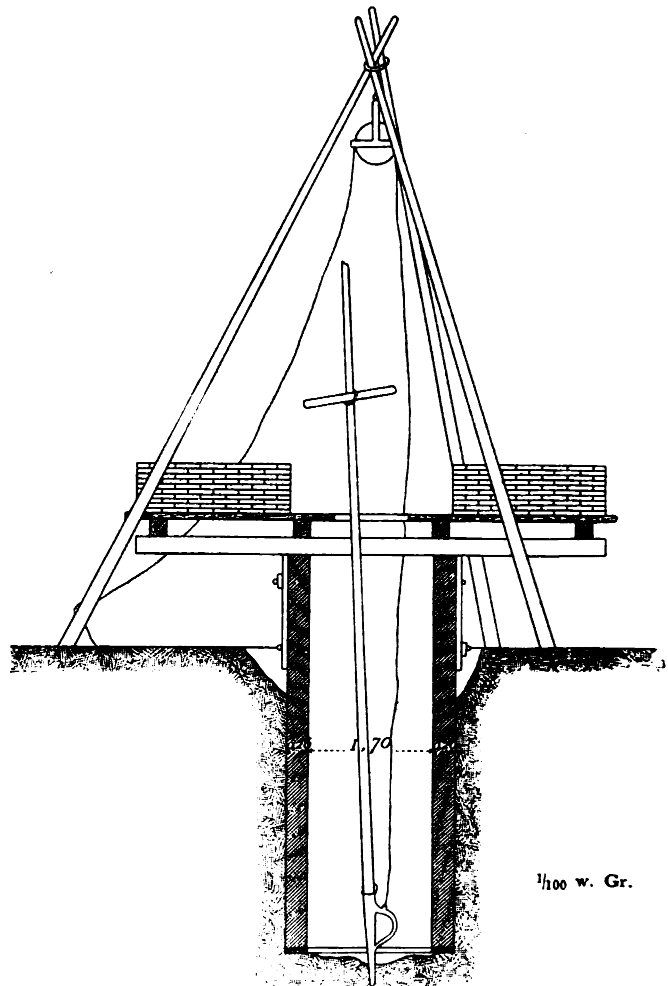
Das Baggergefäſs iſt bei dieſer Vorrichtung als Schaufel ausgebildet; ſie iſt nach Fig. 782 bis 784 geſtaltet, etwa 70 cm lang und 60 cm breit, aus Schmiedeeiſen hergeſtellt und mit einer ſcharfen, geſtählten Schneide verſehen. Die Verbindung des Stieles *t* mit der Schaufel *s* iſt mittels eines Gelenkes bei *a* bewirkt.

Fig. 780.



Sackbohrer.

Fig. 781.



1/100 w. Gr.

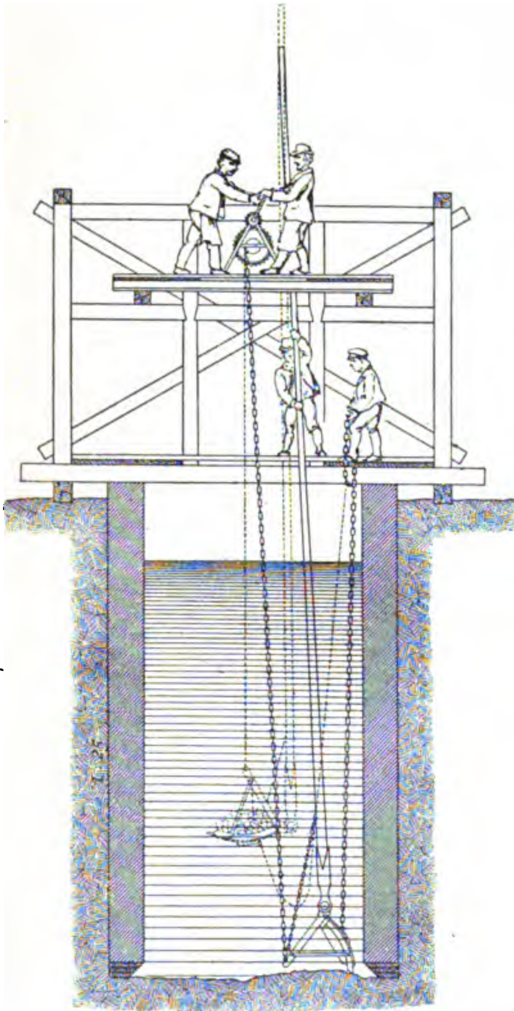
Senkung der Brunnen mittels Sackbohrer.

276) Näheres hierüber: Deutſche Bauz. 1874, S. 243.

Wenn die Schaufel hinabgelassen wird, so muss sie lotrecht herabhängen und in dieser Lage festgestellt sein; letzteres kann in verschiedener Weise erzielt werden, in Fig. 783 z. B. durch die Strebe *c*. Die Feststellungsvorrichtung läst sich von oben aus durch ein Tau *i* auslösen; die Grabearbeit wird gleichfalls von oben durch ein zweites Tau *e* oder eine Kette vorgenommen, welche über eine Winde gelegt wird.

Die bis auf die Brunnensohle hinabgelassene Schaufel wird von 2 bis 3 Arbeitern mit Hilfe des Stieles in den Boden gedrückt; hierauf wird durch Anziehen des Seiles *i* die Feststellvorrichtung *c* ausgelöst. Während nun die Arbeiter den Stiel *t* noch niederhalten, wird das Tau *e* mittels der Winde an-

Fig. 782.



Senkung der Brunnen mittels indischer Schaufel.

Fig. 783.

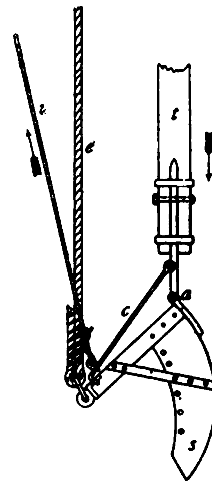
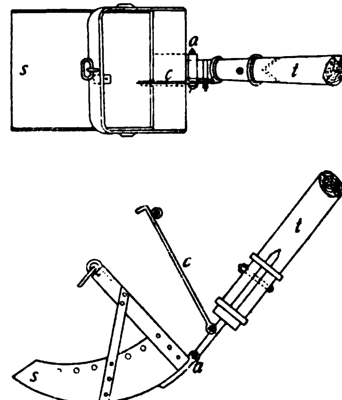


Fig. 784.



Indische Schaufel.

gezogen, wobei die Schaufel allmählich in die wagrechte Lage (Fig. 784) übergeht, etwas vom Bodenmaterial loslöst und aufnimmt. Wird alsdann das Tau *e* vollends aufgewunden, so kommt die Schaufel oben an und kann ausgeleert werden.

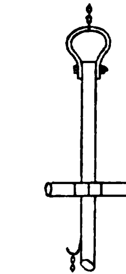
Die indische Schaufel erfordert 6 bis 8 Arbeiter als Bedienungsmannschaft.

In sehr grobem Kies genügt die indische Schaufel nicht mehr; besser bewährt sich in einem solchen Falle der Schraubenbagger (Fig. 785 u. 786), der sich auch so herstellen läst, dass man ihn für weichen Boden anwenden kann.

Der Schraubenbagger ift im unteren Teile wie ein fchmiedeeiferner Schraubenpfahl (vergl. Art. 452, S. 368) geftaltet. Soll weicher, fchlammiger Boden gelöft werden, fo wird über dem oberften Schraubengang eine Hülfe zur Aufnahme des gewonnenen Materials angeordnet (Fig. 785); bei kiefigem Boden krempt man einfach die Ränder der Schraube auf (Fig. 786).

Bei weiteren Brunnen kommen ftatt der Stielbagger wohl auch Baggervorrichtungen mit Bodenklappen zur Anwendung. Diefe beftehen aus einem trommelartigen Behälter, deffen Boden aus 4 bis 8 zentral angeordneten Klappen zufammengefetzt ift. Die lotrecht herabhängenden Bodenklappen wirken ebenfo wie die indifche Schaufel; hat die Löfung einer gewiffen Bodenmenge ftattgefunden, fo werden die Klappen angezogen und dadurch der Boden des Behälters gefchloffen; derfelbe wird in mehr oder weniger gefülltem Zuftande emporgezogen.

Fig. 785.



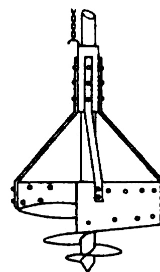
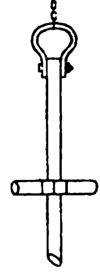
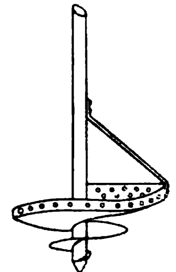


Fig. 786.





Schraubenbagger. — 1/30 w. Gr.

Hierher gehören die *Millroy*'fche Vorrichtung, über den aus: Deutfche Bauz. 1868 (S. 470) das Nähere entnommen werden kann; ferner der Exkavator von *Bruce* und *Batho*, wovon in: *Revue ind.* 1876 (S. 109 u. 110) eine eingehende Befchreibung zu finden ift; weiters eine auf demfelben Grundgedanken konftruierte Grabevorrichtung, deren in: Deutfche Bauz. 1875 (S. 32) Erwähnung gefchieht.

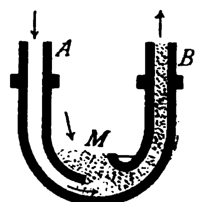
Leichtere Dampfbagger werden für die Brunnenfenkung im Hochbauwefen nur felten angewendet.

490. Sandpumpen. 2) Sandpumpen, nach dem Grundgedanken der gewöhnlichen Kolbenpumpen eingerichtet und mit einem trommelartigen Behälter verfehen, der die gehobenen Bodenmaffen aufnimmt, eignen fich hauptfächlich für fandiges Bodenmaterial, welches in Begleitung von Waffer emporgefördert wird.

Eine eingehende Befchreibung der in Deutfchland üblichen Sandpumpe bringt: Deutfche Bauz. 1871 (S. 109). Die von *Reeve* konftruierte Sandpumpe ift in: *Engineer* 1877 (2. Sem., S. 99 u. 312) befchrieben.

491. Sonftige Grabevorrichtungen. 3) Bei Grabevorrichtungen, die nach dem Grundgedanken der Strahlpumpen oder Injektoren wirken, wird durch ein auf die Brunnenfohle reichendes Rohr Druckwaffer eingeprefst; diefes fteigt in einem zweiten Rohr empor, reifst dabei das Bodenmaterial mit fich und gelangt, mit demfelben vermengt, oben zum Ausfliefsen.

Fig. 787.



Grabevorrichtung von *Robertfon*.

Die einfachfte der hier einfchlägigen Vorrichtungen ift diejenige von *Robertfon*, deren unterer Teil in Fig. 787 dargeftellt ift. *A* ift das Rohr, durch welches das Druckwaffer eingeführt wird; letzteres fteigt im Rohre *B* empor und reifst bei *M* die Bodenmaffen mit fich[277]).

4) Von fonftigen Grabevorrichtungen find noch die nach Art der Zentrifugalpumpen konftruierten und die fog. Hebervorrichtungen zu nennen. Letztere dürften zuerft von *Leslie* angewendet worden fein[278]).

Stöfst man bei den unter Waffer vorzunehmenden Senkarbeiten auf gröfsere Steine, Holzftücke oder ähnliche Hinderniffe, fo find diefe mit Hilfe geeigneter Vor-

277) Näheres über diefe Vorrichtung: Deutfche Bauz. 1875, S. 31. — Andere Strahlpumpen find befchrieben in: Rziha, F. Eifenbahn-Unter- und Oberbau. Band 2. Wien 1876. S. 38 — ferner in: Rigafche Ind.-Ztg. 1878, S. 237.

278) Der *Leslie*'fche Heberapparat ift befchrieben in: Deutfche Bauz. 1873, S. 84.

richtungen, wie Teufelsklauen, Steinzangen (vergl. Art. 400, S. 327) etc., zu befeitigen. Gelingt dies nicht, fo mufs das Entfernen durch Taucher vorgenommen werden.

Ift eine Senkbrunnengründung im offenen Waffer auszuführen, fo kann man fie ähnlich, wie auf dem feften Lande vornehmen, wenn man an der Bauftelle eine entfprechend grofse Infel fchüttet, die bis über den Wafferfpiegel reicht. Ift die Schüttung einer Infel, wegen zu grofser Waffertiefe oder aus anderen Gründen, nicht zuläffig, fo hängt man den Brunnenkranz mittels Ketten an einem feften Gerüft oder an feft verankerten Schiffen auf. Ift der Schling auf der Sohle des betreffenden Wafferlaufes angekommen, fo kann das Aufhängen unterbleiben. 492. Gründung im offenen Waffer.

Gegen vorhandene Strömungen find die Brunnenpfeiler durch Steinfchüttungen zu fichern.

Ift das Brunnenmauerwerk bis auf die erforderliche Tiefe verfenkt, fo wird die fchon gedachte Sohlfchicht aus Beton hergeftellt; diefelbe mufs ftets unter Waffer ausgeführt werden (vergl. Art. 430, S. 352). Wenn diefe Betonfchicht vollftändig erhärtet ift, fo wird der Brunnen in der Regel ausgepumpt und mit Bruchfteinen oder guten Backfteinen ausgemauert, unter Umftänden ausbetoniert; die Betonierung kann erforderlichenfalls auch unter Waffer vorgenommen werden. 493. Vollendung der Brunnen.

Man hat die wafferdichte Sohlfchicht und die Ausfüllung des Brunnens auch noch in anderer Weife hergeftellt. Sobald der Schling auf der tragfähigen Bodenfchicht angekommen ift, wird ein kreisrunder, etwa 3 cm ftarker Boden, deffen Durchmeffer der lichten Brunnenweite entfpricht, in den Brunnen hinabgelaffen und mit einigen grofsen Steinen befchwert. Alsdann werden einige Karren Mauerfchutt und Mörtel in den Brunnen geworfen, wodurch alle Zwifchenräume ausgefüllt werden follen. Hierauf wird wieder eine Partie Steine hineingeworfen und wieder etwas Mörtel aufgebracht etc. Auf diefe Weife wird die Ausfüllung des Brunnens bis über den Grundwafferfpiegel fortgefetzt und dann erft mit der Ausmauerung begonnen. Es ift wohl ohne weiteres erfichtlich, dafs dies ein höchft unvollkommenes Verfahren ift, da von einer innigen Verbindung zwifchen Stein und Mörtel nicht die Rede fein kann.

Litteratur

über »Senkbrunnengründungen«.

Vorfchlag zu einer Gebäude-Gründung in befonders ungünftigem Boden. CRELLE's Journ. f. d. Bauk. Bd. 9, S. 203.

KÖPCKE. Pfeilerfundirung für Eifenbahnbrücken in Indien. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1864, S. 272.

Fundirung mit Hilfe von Schächten. Zeitfchr. f. Bauw. 1865, S. 352.

Gründungen der Kunftbauten. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1865, S. 278.

SONNE. Ueber Pfeilergründung durch Verfenken von Mauerwerk. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1866, S. 174.

Maifon fondée fur 42 puits en béton, rue Rochechouart, à Paris. Nouv. annales de la conft. 1871, S. 76.

QUASSOWSKI. Ueber Fundirungen mit Senkbrunnen nebft Befchreibung einiger Fälle aus der Praxis. Zeitfchr. f. Bauw. 1874, S. 297.

HOFFMANN, C. H. Ueber Senkbrunnen und Gründungsarbeiten. Baugwks.-Zeitg. 1869, S. 74, 81.

Le Sacré coeur de Montmartre. Fondations. La conftruction moderne, Jahrg. 6, S. 58, 141, 164.

Die Herz Jefu-Kirche auf dem Montmartre in Paris. Centralbl. d. Bauverw. 1892, S. 263, 276.

Fondation fur terrain argileux. La femaine du bâtiment, Jahrg. 20, S. 498.

Senkbrunnen-Schwellkränze. Baugwks.-Zeitg. 1897, S. 946.

3. Kapitel.

Senkröhrengründung.

494. Ueberficht. Ebenfo wie die Gründung auf Senkbrunnen zu den Pfeilergründungen gehört, find auch die Senkröhrenfundamente unter die Pfeilerfundamente einzureihen. Auch in diefem Falle ift es lediglich die Herftellungsweife der Röhrenpfeiler, wodurch fie fich von den Brunnenpfeilern und den maffiv aufgeführten Fundamentpfeilern unterfcheiden.

Die Gründung auf Senkröhren ift mit der Brunnengründung infofern fehr nahe verwandt, als bei beiden die lockere, nicht tragfähige Bodenfchicht nicht abgegraben wird, fondern durch letztere hindurch ein hohler Cylinder hinabgefenkt wird. Bei den Senkbrunnen wird diefer Mantel gemauert oder aus Beton hergeftellt; im vorliegenden Falle find es hölzerne, feltener eiferne Röhren oder Kaften, welche abgefenkt und hierauf, ganz ähnlich wie die Senkbrunnen, mit Beton oder Mauerwerk ausgefüllt werden.

Die Verwandtfchaft zwifchen Röhren- und Brunnengründung macht es erklärlich, dafs bisweilen beide Gründungsverfahren bei einer und derfelben Gebäudegruppe zugleich zur Anwendung kommen. Die Bauten, welche in Berlin in der Mitte der fechziger Jahre an den *Werder*'fchen Mühlen ausgeführt worden find, ftehen auf einem Grundftück, welches an der Schleufenfeite folgende Bodenfchichten zeigte: zunächft $3{,}15$ m aufgefchütteter Boden, dann $2{,}50$ m Torf, $1{,}60$ m Schlick mit 65 cm ftarken Sandadern, $1{,}25$ m Sand und dann guter Kies; nach der Mitte der Bauftelle zu fand fich erft in 15 m Tiefe ein ziemlich fchlechter Kiesboden. Von dem urfprünglich in Ausficht genommenen Pfahlroft mufste Abftand genommen werden, weil durch die Erfchütterungen der Ramme ein benachbartes, ohnehin fchon baufälliges Gebäude zu viel gelitten hätte. Zunächft entfchied man fich für die Brunnengründung und fenkte $1{,}88$ m im Lichten weite Senkbrunnen $8{,}78$ m tief hinab. Da fich jedoch diefe Gründung wegen der in den unteren Torffchichten lagernden Hölzer zu fchwierig zeigte, fo wählte man die Kaftengründung, und auch diefe mufste bald aufgegeben werden, weil die Kaften fchief einfanken. Infolgedeffen wählte man eine Vereinigung von Kaften und Brunnen[279]).

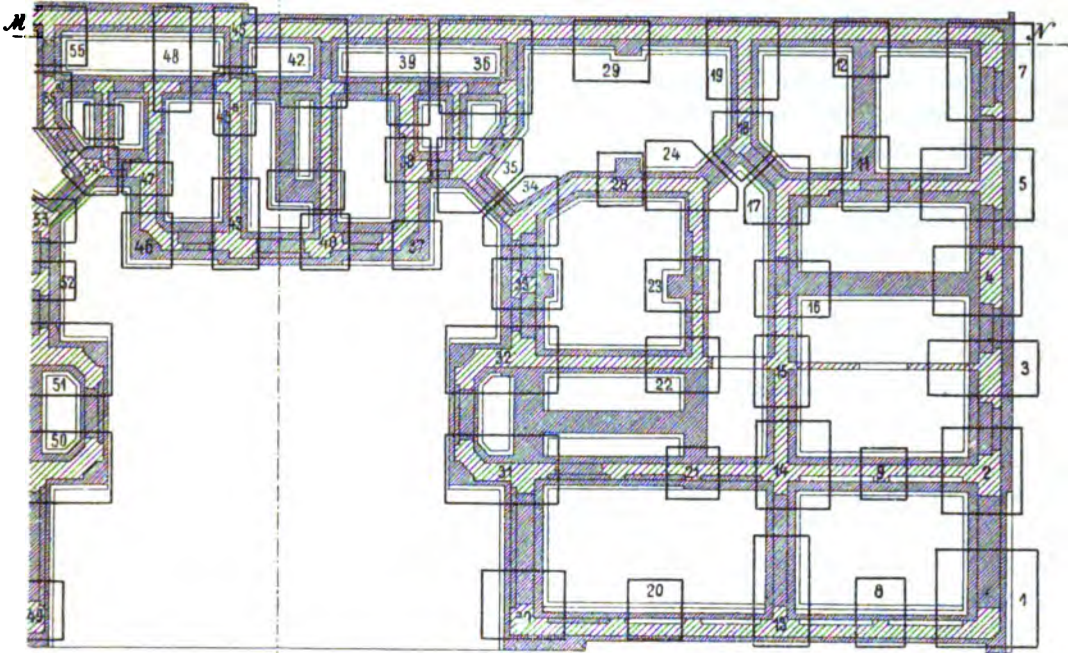
Man hat nicht felten die Brunnen- und die Röhrengründung vollftändig parallel nebeneinander geftellt, hat beide Verfahren grundfätzlich als ganz gleich bezeichnet und den Unterfchied nur im Bauftoff des zu verfenkenden Cylinders gefucht. Indes ift diefe Anfchauung nicht ganz gerechtfertigt; denn bei Brunnenpfeilern dient der gemauerte Mantel mit der Ausfüllung zum Tragen des darauf gefetzten Baukörpers; bei der Röhrengründung trägt jedoch nur die Ausfüllung; der Mantel ift blofs die Hülle des Fundamentpfeilers. Man könnte diefe Hülle auch als ein befonderes Verfahren der Auszimmerung der fchachtartigen Baugrube betrachten, fo dafs von diefem Gefichtspunkte aus die Röhrenpfeiler den maffiv gemauerten Fundamentpfeilern gewöhnlicher Art näher ftänden, als den Brunnenpfeilern.

a) Hölzerne Senkröhren.

495. Anordnung und Querfchnitt. Bezüglich der Zahl und der Verteilung der hölzernen Senkröhren oder, wie fie wohl in der Regel genannt werden, Senkkaften im Grundplane des zu gründenden Gebäudes gilt das bei den Senkbrunnen Gefagte (vergl. Art. 475, S. 385). Die Querfchnittsform der Kaften ift dem Material entfprechend zu wählen; infolgedeffen wird der Kreis, das Oval etc. auszufchliefsen fein, und es werden hauptfächlich rechteckig geftaltete Kaften in Anwendung kommen. Für Gebäude mit ganz regelmäfsigem Grundplan (Fig. 790) werden andere, als rechteckige Querfchnittsformen für die Kaften nicht erforderlich. Bei weniger regelmäfsig geftaltetem Gebäudegrundrifs erhalten die Kaften auch andere Querfchnittsformen, wie folches aus Fig. 788, 789 u. 791 erfichtlich ift.

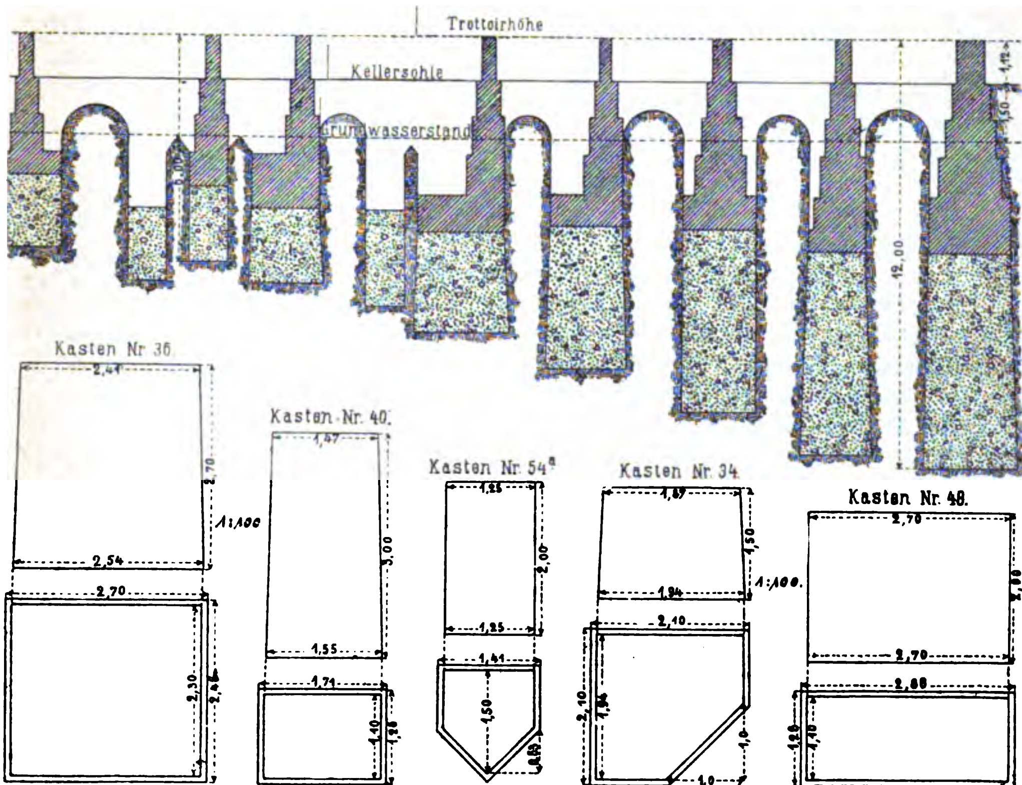
279) Näheres hierüber in: Zeitfchr. f. Bauw. 1865, S. 504.

Fig. 788.



Grundrifs des Erdgefchoffes und Fundamentplan. — $^1/_{200}$ w. Gr.

Fig. 789.

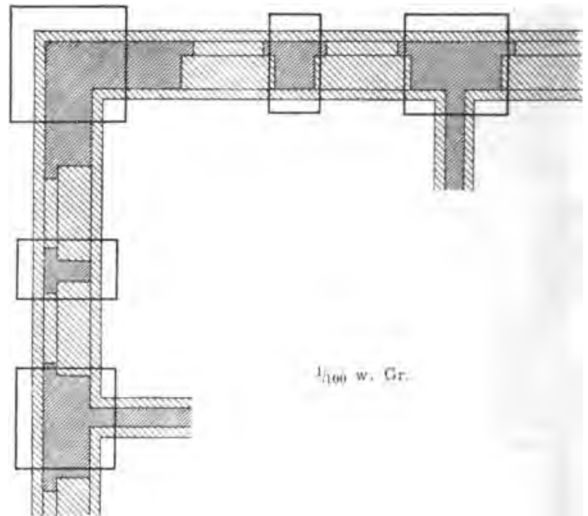


Schnitt durch die Fundamente nach *MN*. — $^1/_{100}$ w. Gr.

Vom Lehrerhaus beim Seminar zu Berlin.

Die Querſchnittsabmeſſungen der Kaſtenpfeiler hängen ab von der Stärke der Mauern, die ſie zu tragen haben, und vom Druck, den die letzteren ausüben. In erſterer Beziehung wählt man die Kaſtenabmeſſung (Breite) winkelrecht zur Längenrichtung der zu gründenden Mauern ſo, daſs beiderſeits ein Fundamentabſatz von 12 bis 25 cm Breite entſteht; die zweite Querſchnittsabmeſſung (Länge) wird an jenen Stellen, wo zwei Mauern gegeneinander ſtoſsen oder einander durchkreuzen, nahezu ebenſo groſs gewählt; die zwiſchenliegenden Kaſten erhalten meiſt geringere Länge (Fig. 788 u. 790).

Fig. 790.



Die Längenabmeſſung der Kaſtenpfeiler läſst ſich, ſobald die Breite angenommen iſt, aus der Belaſtung, die ſie aufzunehmen haben, und aus der Tragfähigkeit des Baugrundes berechnen.

Beträgt die letztere K Tonnen für 1 qcm, die lotrechte Belaſtung des betreffenden Kaſtenpfeilers D Tonnen, ſo iſt der Querſchnitt f des letzteren bekanntlich

$$f = \frac{D}{10\,000\,K} \text{ Quadr.-Met.}$$

Iſt die Breite b auf Grundlage der früheren Angaben (Mauerdicke plus 24 bis 50 cm) angenommen worden, ſo ergiebt ſich die Länge

$$l = \frac{f}{b}.$$

Da man beim Ausarbeiten des Entwurfes den Druck D meiſt von vornherein nicht kennt, ſo muſs man zunächſt für die Pfeilerlängen l eine Annahme machen. Läſst ſich ſpäter, wenn der Entwurf weit genug gediehen iſt, die Belaſtung D ermitteln, ſo berechnet man, wie groſs bei den angenommenen Querſchnittsabmeſſungen der Pfeiler die Belaſtung des Baugrundes ſich ergiebt. Ueberſchreitet die letztere die zuläſſige Belaſtung K, ſo muſs man entweder die Pfeilerlänge l oder die Zahl der Pfeiler vermehren, unter Umſtänden die Dicke der zu gründenden Mauern nach unten vergröſsern.

Beim Bau der Nationalgalerie in Berlin ſind im urſprünglichen Entwurf Zahl und Grundfläche der zur Gründung zu verwendenden Senkkaſten ſo groſs angenommen worden, daſs eine nähere Berechnung die Belaſtung des Baugrundes zu 11 bis 15 kg für 1 qcm ergab, eine Preſſung, welche ſonſtigen Erfahrungen gemäſs ſehr bedeutend erſchien und eine namhafte Verringerung wünſchenswert machte. Deshalb wurde eine neue Anord-

Fig. 791. Fundamentplan. 1/250 w. Gr.

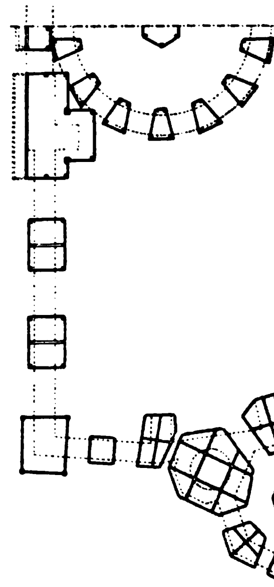
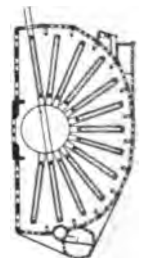


Fig. 792. Grundriſs. 1/1000 w. Gr.



Lokomotivſchuppen der Berlin-Potsdam-Magdeburger Eiſenbahn zu Berlin [280]).

[280]) Nach: Zeitſchr. f. Bauw. 1865, Bl. T.

nung fämtlicher Senkkaften entworfen derart, dafs ein ziemlich gleichmäfsiger Druck von etwa nur $5{,}8$ kg für 1 qcm hervorgebracht wurde.

Um das Senken der Kaften zu erleichtern, läfst man nicht felten den Querfchnitt derfelben nach oben zu abnehmen; das Verjüngungsverhältnis beträgt $^1/_{50}$ bis $^1/_{25}$ (vergl. Fig. 789).

Die hölzernen Senkröhren oder Senkkaften werden aus $4{,}5$ bis $5{,}5$ cm ftarken Bohlen zufammengefetzt, die entweder lotrecht oder wagrecht angeordnet find; erfteres gefchieht hauptfächlich bei geringen Tiefen und nicht bedeutendem Erddrucke. Bei kleineren Pfeilern können ftatt der Bohlen ftärkere Bretter Anwendung finden. 496. Konftruktion.

Kaften mit lotrecht geftellten Bohlen müffen durch wagrecht angeordnete Kränze, die aus etwa 15×15 cm ftarken Hölzern angefertigt werden, zufammengehalten und abgefteift werden. Solcher Kränze find mindeftens zwei, einer am oberen, einer am unteren Rande der Röhre, erforderlich. Bei gröfserer Tiefe und ftärkerem Drucke wird noch ein Zwifchenkranz angeordnet, der jedoch nicht etwa in halber Höhe angelegt, fondern tiefer nach unten gerückt wird, da dort der Druck am gröfsten ift. Der unterfte Kranz wird keilförmig zugefchärft.

Fig. 793.

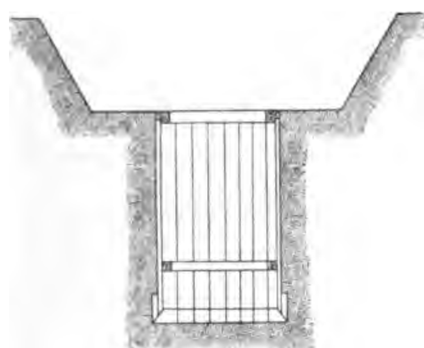
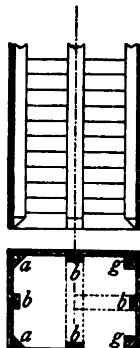


Fig. 794. Fig. 795.



Senkröhren. — $^1/_{100}$ w. Gr.

Die Senkkaften des in Fig. 791 u. 792 angedeuteten Lokomotivfchuppens haben die in Fig. 793 veranfchaulichte Konftruktion erhalten. Die Bohlen find 4 cm dick, oben in den Falz eines 13×16 cm ftarken Kranzes eingelaffen, unten zugefchärft und aufsen herum mit einem gleichfalls gefchärften Kranz von 5 cm ftarken Bohlen verfehen. Etwa 80 cm über dem unteren Rande ift ein zweiter Kranz angeordnet.

Sollen die Bohlen wagrecht liegen, wie in Fig. 794 u. 795, fo müffen die Ecken durch lotrecht geftellte Kreuzhölzer *a*, *a*, *g*, *g* von etwa 10×10 bis 12×12 cm Dicke ausgefteift werden; bei gröfseren Querfchnittsabmeffungen der Kaften werden noch Leiften *b*, *b* angeordnet. Die Bohlen werden derart aufgenagelt, dafs ihr Hirnholz an den Ecken wechfelweife an der einen Seite frei liegt und an der anderen von einer entfprechenden Bohle bedeckt wird. Dem wechfelnden Drucke entfprechend können die Bohlen im vorliegenden Falle im oberen Teile fchwächer gehalten werden als im unteren. Die unterfte Bohlenlage wird häufig doppelt angeordnet, um den unteren Kaftenrand, der beim Senken am meiften beanfprucht wird, zu verftärken.

Bei beiden Konftruktionen werden die Bohlen auf die Verfteifungshölzer aufgenagelt; ebenfo werden in beiden Fällen innerhalb der Kaften während des Senkens noch vorläufige Verftrebungen angebracht, welche teils aus wagrecht, teils aus fchräg geftellten Spreizen gebildet find. In Fig. 794 u. 795 find in den Grundriffen der Senkkaften derartige fich kreuzende Verftrebungshölzer angedeutet.

Die Senkkaften find fofort in voller Höhe auszuführen und im Ganzen an die Bauftelle zu bringen; die letztere wird hier ebenfo vorbereitet, wie bei Senkbrunnen (vergl. Art. 484, S. 390). Die Senkung kann in gleicher Weife wie bei den Brunnen 497. Ausführung.

vorgenommen werden; doch wird bei den Senkkaften faft ausfchliefslich der Sackbohrer (vergl. Art. 489, S. 392) angewendet. Die künftliche Belaftung des zu fenkenden Kaftens darf niemals fehlen, da er felbft nur ein geringes Eigengewicht hat; fie kann blofs bei engeren Kaften (Röhren) entbehrt werden, wenn man diefe durch die Schläge einer Ramme zum Sinken bringt.

Beim Senken ftellen fich die Kaften leicht fchief, weshalb in der Regel Steifen aufgeftelt werden, die das Kippen der Kaften zu verhüten haben[281]).

Ift die Senkung bis auf die erforderliche Tiefe vollführt, fo ift das nunmehr einzufchlagende Verfahren hier dasfelbe, wie bei den Senkbrunnen (vergl. Art. 493, S. 395). Auch hier wird zunächft die nach unten dichtende Betonfchicht hergeftellt, nach Erhärtung derfelben das Waffer ausgefchöpft und die Ausmauerung vorgenommen; oder der ganze Kaften wird mit Beton ausgefüllt. Letzteres wird namentlich dann vorgezogen, wenn die Kaften (Röhren) fehr eng find oder wenn infolge bedeutenden Erddruckes eine ftarke Verftrebung der Kaftenwände vorgenommen werden mufste und infolgedeffen der Innenraum des Kaftens nur wenig frei ift.

Die ausgemauerten Kaftenpfeiler werden bei ftark nachgiebigem Baugrunde bisweilen untereinander verankert.

In einigen Fällen hat man die Kaften blofs mit Steinen ausgefüllt und ausgeftampft, was fich als vollkommen ausreichend erwiefen haben foll. Auch die Ausfüllung mit fcharfkörnigem, grobem Sande ift nicht ausgefchloffen.

Ueber dem Grundwafferfpiegel oder, wenn diefer tief gelegen ift, in gröfserer Höhe wird die Mauerung der Fundamentpfeiler in gewöhnlicher Weife fortgefetzt bis zu jener Stelle, wo die Grundbogen, welche die Pfeiler miteinander verbinden follen, anzufetzen find. Nach Aufftellung der hierzu erforderlichen Lehrbogen wird die etwa 2 Stein ftarke Wölbung und hierauf die Ausmauerung der Wölbzwickel vorgenommen. Stehen die Kaften fehr nahe aneinander, fo kann man die Verbindungskonftruktion auch durch Auskragen der betreffenden Steinfcharen bewirken; beide Anordnungen find in Fig. 788 u. 789 zu finden.

Die Anwendung der Senkkaftengründung ift eine befchränkte. Sie follte nur für geringe Gründungstiefen (4, höchftens 5 m) angewendet werden, da man anderenfalls die Kaften, bezw. Röhren nicht fteif genug konftruieren kann. Allein auch fonft hat fich diefes Gründungsverfahren nur wenig Eingang verfchafft; fie ift hauptfächlich blofs in den älteren preufsifchen Provinzen im Gebrauch und wird der Brunnengründung vorgezogen, wenn der Baugrund fehr ungleichartig ift und fobald in der lockeren Bodenfchicht Baumftämme oder andere Hinderniffe vorhanden find, welche die Senkung von Brunnen gefährden könnten.

b) Eiferne Senkröhren.

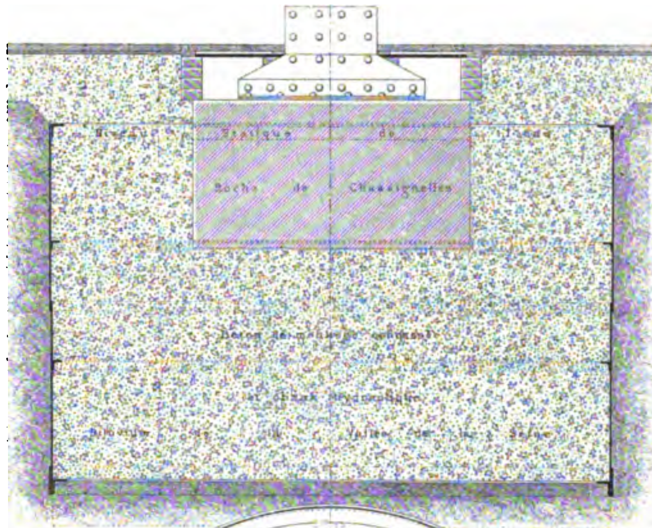
498. Senkröhren. Eiferne Senkröhren kommen meift nur für Brückenpfeiler, in England wohl auch für längere Mauern zur Anwendung und werden alsdann in der Regel mit Hilfe von geprefster Luft verfenkt. Im Hochbauwefen find fie fehr felten zu Fundamenten benutzt worden; als einzige Ausführung diefer Art ift die im Jahre 1880 bewirkte Gründung der neuen *Magafins du Printemps* zu Paris (Arch.: *Sédille*) bekannt geworden.

---

[281]) Siehe hierüber: Sicherheits-Abfteifung für Senkkaften. Centralbl. d. Bauverw. 1892, S. 318.

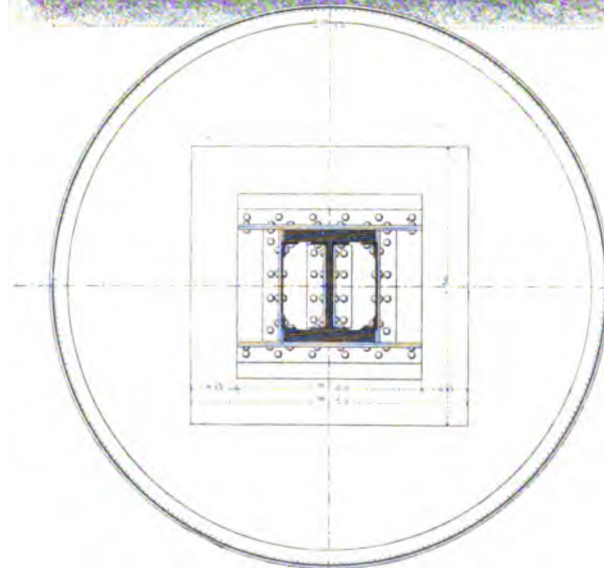
Das für derlei Senkröhren am häufigften angewendete Material ift Gufseifen; die Röhre befteht alsdann aus einzelnen cylindrifchen Trommeln, welche in demfelben Mafse übereinander gefetzt werden, als die Röhre infolge der Löfung des Bodens in den letzteren einfinkt. Die Trommeln find an der Ober- und Unterkante mit ringförmigen Flanfchen verfehen und werden mit diefen und mit Hilfe von Schrauben miteinander verbunden.

Fig. 796.



Lotrechter Schnitt.

Fig. 797.



Grundrifs.

Von den *Magafins du Printemps* zu Paris. — Gründung der eifernen Freiftützen [282]).

Arch.: *Sédille & Baudet.* — $^1/_{40}$ w. Gr.

Senkröhren von gröfserem Durchmeffer werden aus Eifenblechen (nach Art der Keffelnietungen) zufammengefetzt; durch **L**- und **T**-Eifen wird den Wandungen die nötige Steifigkeit verliehen.

Die *Magafins du Printemps* wurden, teils in Rückficht auf Feuerficherheit, teils um möglichft wenig an Raum zu verlieren, im Inneren der Hauptfache nach in Eifenkonftruktion ausgeführt; Decken und Dächer werden von eifernen Freiftützen (Fig. 796 u. 797[282]) getragen. Diefe fowohl, als auch die gemauerten

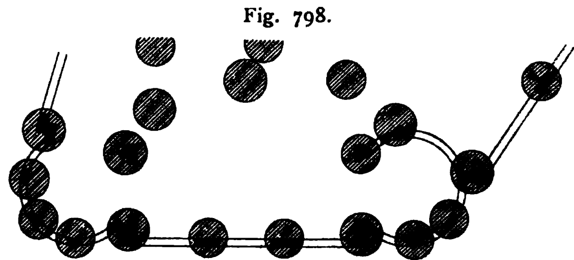
282) Fakf.-Repr. nach: *Encyclopédie d'arch.* 1885, Pl. 997.

Pfeiler, welche im Erdgefchofs die Frontmauern tragen (Fig. 798[282]), haben grofsen Belaftungen (die gröfste Belaftung beträgt 350 t, die kleinfte 230 t) zu widerftehen. Um diefe in geeigneter Weife auf den Baugrund zu übertragen, bezw. auf eine möglichft grofse Fläche zu verteilen, wurden für fämtliche 46 eiferne Freiftützen der Magazinsräume, ebenfo für die fteinernen Stützen der Frontmauern, für die Freiftützen der grofsen Flurhalle und der Rotunden cylindrifche Röhrenpfeiler von $2{,}50$ bis $3{,}00$ Durchmeffer verfenkt. Diefelben erhielten 2 m Höhe, die Wandungen 4 mm Blechdicke und zur Verfteifung ringförmige gebogene Winkeleifen von $60 \times 60 \times 8$ mm Querfchnitt. Nach dem Verfenken wurden die Röhren mit hydraulifchem Beton ausgefüllt. Die Mehrzahl der Brunnenpfeiler erhielt einen Durchmeffer von $2{,}50$ m; den ftärker belafteten dagegen (folchen mit 265 t und 350 t lotrechtem Druck) wurde $3{,}00$ m Durchmeffer gegeben.

499. Senkung.

Eiferne Senkröhren können ebenfo, wie die gemauerten Senkbrunnen und die hölzernen Senkkaften verfenkt werden; indes ift in den meiften Fällen, wie oben fchon angedeutet wurde, das pneumatifche Senkverfahren oder die Prefsluftgründung in Anwendung gekommen. Auch bei dem eben vorgeführten Beifpiele ift dies gefchehen.

Fig. 798.



Von den *Magafins du Printemps* zu Paris.
Teil des Fundamentplanes [283]). — 1/500 w. Gr.

Bei verfenkten Fundamenten, die auf pneumatifchem Wege hergeftellt werden, wird für die Löfung der lockeren Bodenfchicht an der Fundamentfohle ein wafferfreier Arbeitsraum mittels geprefster Luft gefchaffen; das Waffer wird mittels Prefsluft verdrängt. Die Arbeiter können, ähnlich wie in eine Taucherglocke, eintreten und die Erdgrabung vornehmen.

Mit Rückficht auf die vereinzelte Anwendung diefes Gründungsverfahrens foll hier nicht weiter auf dasfelbe eingegangen werden. Hierüber ift das Nähere in den auf S. 283 u. 284 angeführten Büchern über Grundbau und in den unten [284]) namhaft gemachten Sonderfchriften zu finden.

Die Senkröhren der *Magafins du Printemps* wurden vor dem Verfenken oben durch kegelförmig geftaltete Deckel abgefchloffen und die Luftfchleufen alsdann aufgefetzt. Durch ein 70 mm weites Kautfchukrohr wurde die Prefsluft eingeführt und dadurch die Röhre wafferfrei gemacht. Nunmehr konnte durch Arbeiter die Löfung der lockeren Bodenfchicht vollzogen werden; alsdann wurde die Röhre mit hydraulifchem Beton ausgefüllt und der Deckel abgenommen. Die Senkung einer Röhre dauerte 10, die Ausbetonierung derfelben famt den Vollendungsarbeiten 24 Stunden; ein in folcher Weife hergeftellter Fundamentpfeiler von $2{,}50$ m Durchmeffer und $2{,}50$ m Höhe koftete 720 Mark (= ca. 900 Franken).

Die Erfahrungen, welche beim Bau der grofsen Oper in Paris gemacht worden waren (fiehe auch Art. 424, S. 344), die Schwierigkeiten, welche fich dort infolge des ftarken Grundwafferandranges ergeben hatten, waren hauptfächlich Veranlaffung, dafs *Baudet*, von dem der Entwurf der Eifenkonftruktionen des in Rede ftehenden Gebäudes herrührt, die Anwendung der Prefsluftgründung in das Auge fafste; die betreffenden Arbeiten wurden unter der Leitung *Zfchokke*'s ausgeführt[285]).

283) Nach: *La femaine des conft.*, Jahrg. 6, S. 233.

284) GÄRTNER, E. Entwickelung der pneumatifchen Fundirungsmethode etc. Wien 1879. (Sonderabdruck aus: Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1879, S. 41.)

PERNOLET, A. *L'air comprimé et fes applications etc.* Paris 1879.

ANSPACH, L. *Notice fur les fondations par l'air comprimé etc.* Brüffel 1880.

BRENNECKE, L. Ueber die Methode der pneumatifchen Fundirungen. Petersburg 1881.

285) Eingehendere Mitteilungen über diefe Gründung find zu finden in:

Grands Magafins du Printemps à Paris. Encyclopédie d'arch. 1885, S. 1.

DUPRÉ, E. *Les fondations à l'air comprimé. La femaine des conft.*, Jahrg. 6, S. 232.

FERRAND, S. *Les fondations à l'air comprimé aux nouveaux Magafins du Printemps. Gaz. des arch.* 1881, S. 207.

Litteratur

»über Senkröhrengründungen«.

Weise, H. Locomotiv-Haus der Berlin-Potsdamer-Magdeburger Eiſenbahn zu Berlin. Zeitſchr. f. Bauw. 1865, S. 438.

Erbkam, G. Die Königliche National-Galerie. Zeitſchr. f. Bauw. 1869, S. 263.

Crampe, R. Praktiſche Erfahrung bei Gründung auf Senkkaſten. Baugwks.-Zeitg. 1870, S. 130.

Schmidt, O. Gründung auf Senkkaſten. Baugwks.-Zeitg. 1870, S. 113.

Ferrand, S. *Les fondations à l'air comprimé. Revue induſt.* 1881, S. 362.

Ferrand, S. *Les fondations à l'air comprimé aux nouveaux Magaſins du Printemps. Gaz. des arch.* 1881, S. 207.

Fondations des nouveaux magaſins du Printemps au moyen de l'air comprimé. Le génie civil, Bd. 2, S. 485.

Dupré, E. *Les fondations à l'air comprimé. La ſemaine des conſt.*, Jahrg. 6, S. 232.

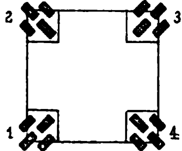
4. Kapitel.

Caiſſongründung.

500. Eiſerne Senkkaſten.

Für tiefgehende Fundamente von Ingenieurbauwerken, insbeſondere von Brückenpfeilern, wird vielfach die ſog. Senkkaſten- oder Caiſſongründung in Anwendung gebracht. Hierbei wird zunächſt ein prismatiſcher eiſerner Kaſten oder Caiſſon hergeſtellt, ſeitlich und oben geſchloſſen, unten offen, welcher in ſeiner Grundriſsgeſtalt der Grundriſsform des zu gründenden Pfeilers entſpricht. Auf der Decke dieſes Kaſtens wird das Mauerwerk aufgeführt und dabei der Kaſten mit dem Mauerwerk allmählich durch die lockeren Bodenſchichten bis auf den tragfähigen Baugrund verſenkt. Dies geſchieht in der Weiſe, daſs Arbeiter in den Senkkaſten eintreten und den Boden allmählich abgraben. Damit die Arbeiter in den Kaſten eintreten können und damit überhaupt ein Verkehr nach und von dieſem Arbeitsraum ſtattfinden kann, führen aus der Decke desſelben ein oder zwei Schächte nach auſsen. Der Kaſten wird durch Einführen von Preſsluft waſſerfrei erhalten. Hat der Kaſten die nötige Tiefe erreicht, ſo wird er ausgemauert, bezw. ausbetoniert; Gleiches geſchieht mit den Schächten.

Fig. 799.



501. Gründung des *Eiffel*-Turmes zu Paris.

Im Hochbauweſen fand dieſes Gründungsverfahren wohl die erſte Anwendung bei der Gründung der vier Eckpfeiler, auf denen der 300 m hohe *Eiffel*-Turm auf dem *Champ de Mars* bei Paris 1887—89 errichtet wurde.

Die Bodenunterſuchungen hatten ergeben, daſs die unterſte Schicht aus einer mächtigen, trockenen und ſehr feſten Thonſchicht von ca. 16 m Stärke beſteht, welche auf einer Kreideſchicht ruht und eine Tragfähigkeit von 3 bis 4 kg für 1 qcm beſitzt. Ueber der Thonſchicht lagert eine Sandbank und eine zu Gründungen gut geeignete feſte Kiesſchicht von 6 bis 7 m Mächtigkeit; über letzterer beginnt das alte Fluſsbett der Seine, welches von einer Menge feinen, ſchlammhaltigen Sandes und von Anſchwemmungen aller Art, die für Gründungen ungeeignet ſind, bedeckt iſt. Man beſchloſs, den Turm auf vier, je 100 m voneinander entfernten Eckpfeilern zu errichten und letztere ſo tief zu gründen, daſs ſie noch durch eine genügend ſtarke Kiesſchicht vom Thon getrennt ſind. Infolgedeſſen befindet ſich z. B. für die beiden Eckpfeiler 1 und 4 (Fig. 799) die gedachte Sand- und Kiesſchicht erſt in der Höhe + 22, d. h. 5 m unter Waſſer. Dementſprechend benutzte man für jeden dieſer Pfeiler Senkkaſten aus Eiſenblech von 15 m Länge und 6 m Breite, welche, in der Zahl von 4 für jeden Eckpfeiler, bis zur Höhe + 22 verſenkt, 5 m tief unter Waſſer zu ſtehen kamen. Die Höchſtpreſſung auf die Gründungsſohle mit Einſchluſs des Luftdruckes wurde auf 4 kg für 1 qcm berechnet.

Jeder der vier Eckpfeiler ruht auf 4 getrennt voneinander angeordneten, pyramidal geſtalteten Fundamentpfeilern (Fig. 799), welche beſtimmt ſind, die in den hohlen, eiſernen Hauptgurtungsträgern der Turmecken thätigen Druckſpannungen aufzunehmen, zu deren Angriffsrichtung ihr oberſter Teil ſenkrecht gerichtet iſt (Fig. 800 u. 801) und die guſseiſernen Schuhe enthält, in welchen die Hauptträger des eiſernen

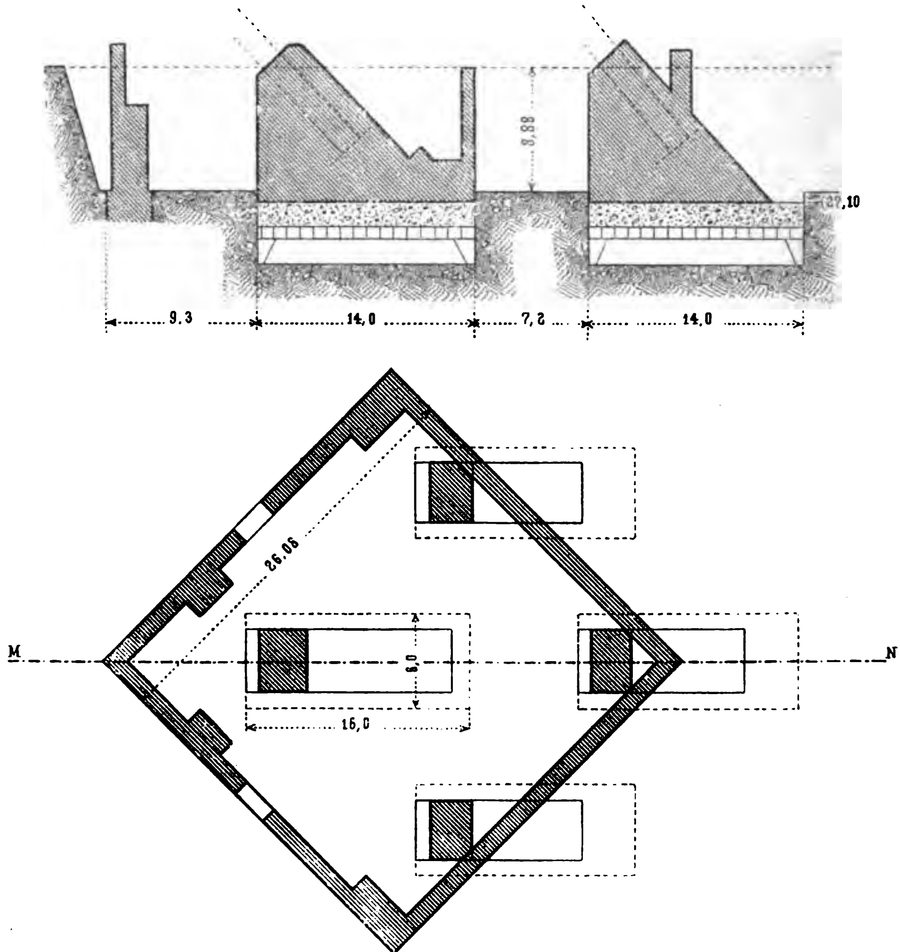
[284] Fakſ.-Repr. nach: Deutſche Bauz. 1889, S. 391.

Fig. 800.



Blick auf die Fundamente eines Eckpfeilers [386]).

Fig. 801.



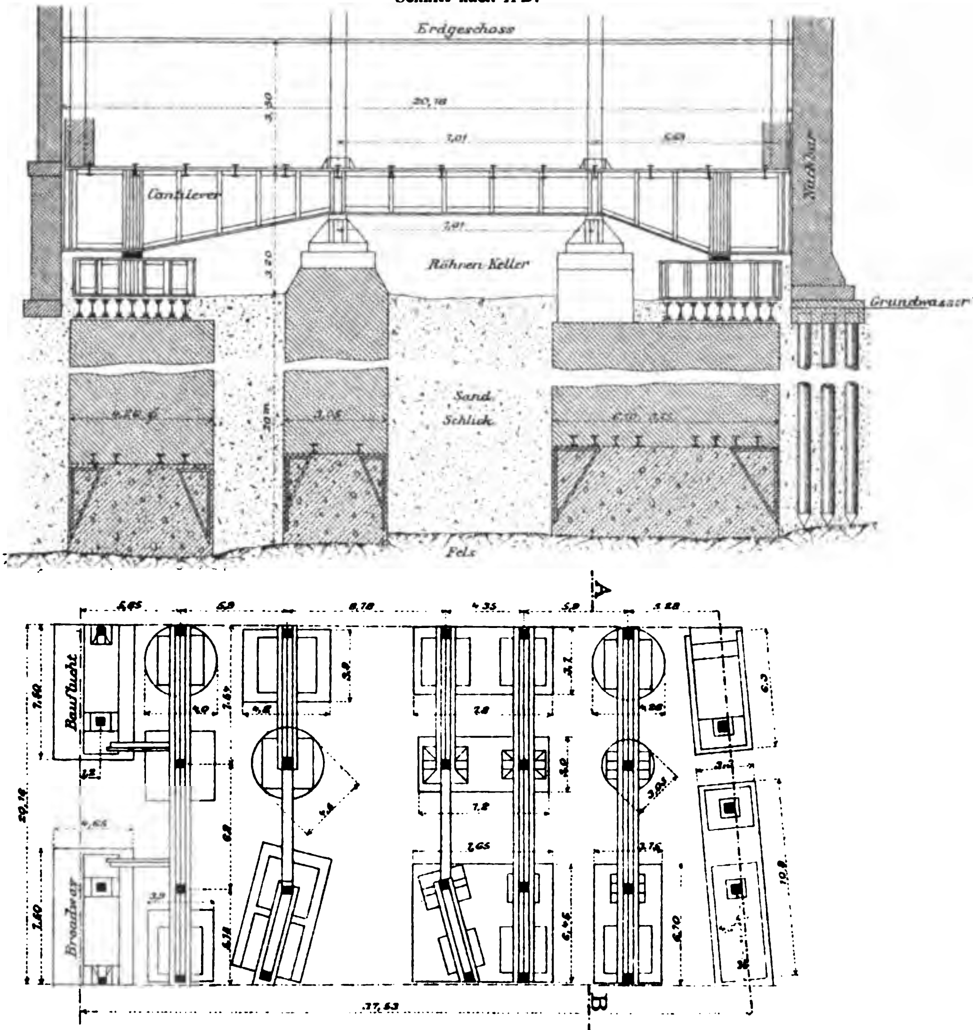
Fundamente eines Eckpfeilers. — $^1/_{600}$ w. Gr.

Gründung der vier Eckpfeiler des *Eiffel*-Turmes zu Paris.

Turmſyſtems — die ſchrägen Strebepfeiler — ihr Lager finden. Die Abmeſſungen der 4 Mauerpfeiler mit ihrer auf der Vorderſeite lotrechten, auf der Rückſeite geneigten Anſichtsfläche ſind ſo gewählt, daſs die 4 Mittelkräfte der gröſsten Auflagerdrücke in einem dem Mittelpunkte der Gründungsanlage ſehr nahegelegenen Punkte zu einer ſchräg abwärts gerichteten Mittelkraft ſich vereinigen. *Eiffel* berechnete letztere an der Uebergangsſtelle in die Mauerwerkspfeiler in der Höhe + 36 auf 556 t ohne und 875 t unter Berückſichtigung des Winddruckes. Auf der Fundamentſohle der Eckpfeiler *1* und *4* beträgt die Preſſung 3320 t unter Einrechnung der Windwirkung, ſo daſs 1 qcm dieſer Sohle mit 3,7 kg belaſtet wird. Der unterſte Teil

Fig. 802.

Schnitt nach *A B*.



Vom Manhattan-Lebensverſicherungsgebäude zu New-York[287]).

des Fundamentkörpers beſteht aus dem mit Zementbeton ausgefüllten Kaſten und einem auf dieſen aufgeſetzten Zementbetonklotz von 10 m Länge und 6 m Breite; darauf kam Bruchſteinmauerwerk, in Zementmörtel ausgeführt, zu ſtehen. In der Mitte der ſchrägen Widerlagsflächen im oberſten Teile der Fundamentpfeiler wurden je 2 Verankerungsbolzen von je 7,80 m Länge und 10 cm Durchmeſſer eingemauert, mittels deren die Befeſtigung der ſchon erwähnten guſseiſernen Lagerſchuhe geſchah[288]).

[287]) Fakſ.-Repr. nach: Zeitſchr. f. Bauw. 1895, Bl. 28.

[288]) Nach: Deutſche Bauz. 1889, S. 391, woſelbſt weitere Einzelheiten über dieſe Gründung zu finden ſind. — Ebenſo in *Les travaux de la tour de 300 mètres. La conſtruction moderne*, Jahrg. 2, S. 339. *Les fondations de la tour de 300 mètres au Champ de Mars. La ſemaine des conſt.*, Jahrg. 11, S. 519.

Die Senkkaften für die eben befchriebenen Fundamentpfeiler find 5,70 m hoch und haben ein Gewicht von ca. 3000 kg; an den lotrechten Blechwänden ift eine Holzkonftruktion brunnenkranzartig befeftigt, welche erfteren die erforderliche Steifigkeit verleiht. Ueber der Decke jedes Caiffons erhoben fich 2 gufseiferne cylindrifche Schächte, die mittels Leitern befteigbar waren; auf jeden Schacht wurde die Luftfchleufe aufgefetzt. Die ausgegrabenen Erdmaffen wurden in diefen Schächten mittels eiferner Eimer und Aufzugsketten nach oben gefchafft. Der Arbeitsraum war elektrifch beleuchtet. Bei der Senkung wurde eine mittlere Leiftung von 50 cm Tiefe der Ausfchachtung bei 90 qm Bodenfläche innerhalb 24 Stunden erreicht.

502. Gründung des Manhattan-Lebens-Verficherungs-Gebäudes zu New-York.

Das zweite hier vorzuführende Beifpiel betrifft eines der vielgefchoffigen Gebäude der nordamerikanifchen Grofsftädte, nämlich die Gründung des Manhattan-Lebensverficherungsgebäudes zu New-York.

Dasfelbe liegt am unteren *Broadway* und bedeckt eine Grundfläche von etwa 20,50 × 38,00 m; am *Broadway* felbft befitzt es 17 und in der Nebenftrafse 18 Gefchoffe. Die Höhe des Kuppelturmes bis zur Flaggenftange beträgt 106 m. Die Aufsenwände find in Mauerwerk, das Innere als Eifengerippe mit eifernen Säulen, ebenfolchen Balkenlagen und eifernem Dach hergeftellt; auch die Aufsenwände werden vom Eifengerippe getragen.

Bemerkenswert ift die Gründung der 34 gufseifernen Säulen, auf denen die rund 50000 t betragende Laft des Gebäudes ruht. Der tragfähige Felsboden liegt etwa 16 bis 17 m unter der Strafsenoberfläche des *Broadway*; über dem Felfen lagern Schlamm und Triebfand; das Grundwaffer fteht etwa 6,70 m unter Strafsenoberfläche. Die beiden Nachbargebäude find nicht ficher bis auf den Felfen gegründet, fo dafs äufserfte Vorficht geboten war, um an denfelben Befchädigungen zu vermeiden. Aus diefem Grunde wurde die Pressluftgründung gewählt.

Im Grundrifs von Fig. 802 ift die Anordnung der Säulen und der Caiffons dargeftellt. Zum Abfangen der Nachbarwand und um die konzentrifche Belaftung der Caiffons zu erzielen, find Auslegerträger angewendet worden (Fig. 802, Schnitt), und je vier nebeneinander gelegene Blechträger bilden ein Ganzes. Nur eine Säule ruht auf einem von 25 Pfählen getragenen Betonblock; alle übrigen Pfeiler find mittels Prefsluft gegründet. Die Caiffons haben, wie Fig. 802, Grundrifs zeigt, verfchiedene Grundrifsformen; einige haben die kreisrunde Grundrifsgeftalt; die meiften find im Grundrifs rechteckig und nehmen eine, zwei oder vier Säulen auf.

Zunächft wurde auf dem ganzen Bauplatz der Boden bis zur Grundwafferlinie ausgehoben; alsdann wurden die aus weichem Stahl konftruierten Caiffons an Ort und Stelle gebracht und unter Anwendung von Prefsluft in der im allgemeinen fchon befchriebenen Weife bis auf den Felfen hinabgefenkt. Der gelöfte, halbflüffige Sand wurde in 10 cm weiten Röhren hochgefördert, die bis auf den jeweilig erreichten Boden hinabreichten und mit Hähnen verfchliefsbar waren; man fchaufelte den gelöften Sand und Schlamm bis an die untere Mündung diefer Röhren, und fobald einer der Hähne geöffnet wurde, förderte der Ueberdruck der Prefsluft das halbflüffige Material in die Höhe. Durchfchnittlich fenkte man täglich 1,20 m. Die Caiffons wurden fchliefslich mit Beton ausgefüllt[289]).

Litteratur
über »Caiffongründung«.

DUPRÉ, E. *Les fondations à l'air comprimé. La femaine des conft.*, Jahrg. 6, S. 232.

Les fondations de la tour de 300 mètres au Champ de Mars. La femaine des conft., Jahrg. 11, S. 519.

Les travaux de la tour de 300 mètres. La conftruction moderne, Jahrg. 2, S. 339.

NEISCHL, A. Der Eiffelthurm. Gründung und Errichtung. Deutfche Bauz. 1889, S. 391.

Les fondations de la tour de 300 mètres au Champs de Mars. La femaine des conft., Jahrg. 11, S. 519.

Les travaux de la tour de 300 mètres. La conftruction moderne, Jahrg. 2, S. 339.

NEISCHL, A. Der Eiffelthurm. Gründung und Errichtung. Deutfche Bauz. 1889, S. 391.

LANDSBERG, TH. Das Manhattan-Lebens-Verficherungs-Gebäude in New-York. Centralbl. d. Bauverw. 1894, S. 165.

LANDSBERG, TH. Die Fundamentirung eines zwanzigftöckigen Gebäudes in New-York. Deutfches Baugwksbl. 1894, S. 507.

289) Nach: *Engng. record* 1894, Jan. 24. — *Engng. news* 1893, Dez. 7. — Zeitfchr. f. Bauw. 1895, S. 224 — Centralbl. d. Bauverw. 1894, S. 165. — Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1893, S. 424.

Band IV.

Die Versorgung der Städte mit Leuchtgas.

Von

Moritz Niemann,

Oberingenieur in Dessau.

I. Heft: Inhalt: Das Leuchtgas als Mittel zur Versorgung der Städte mit Licht, Kraft und Wärme. — Verschiedene Arten von Leuchtgas. — Darstellung und Verteilung von Steinkohlenleuchtgas. — Leistungsfähigkeit und Wachstum der Gasanstalten. — Schwankungen des Gasverbrauches. — Gasanstalten als Lichtzentralen. — Gasanstalten als Kraftzentralen. — Gasanstalten als Wärmezentralen. — Gasverlust. Mit 5 Illustrationen im Text. *Preis: 4 Mark.*

Das II. und III. (Schluß-) Heft dieses Bandes wird enthalten: Verteilung des Leuchtgases. — Eigenschaften des Leuchtgases und der Steinkohlen, sowie auch der Nebenprodukte. — Fabrikation des Leuchtgases. — Rechts- und Eigentumsverhältnisse, Verwaltung und Betrieb.

Band V.

Die Versorgung der Städte mit Elektricität.

Von

Oskar von Miller,

unter Mitwirkung von Ingenieur **A. Hassold** in München.

I. Heft: Inhalt: Einleitung. — Konsumerhebung. — Berechnung der Leitungsnetze. — Stromverteilungssysteme. Mit 90 Illustrationen im Text und 12 Farbendrucktafeln. *Preis: 10 Mark.*

Das II. (Schluß-) Heft dieses Bandes wird enthalten: Beschreibung der Teile eines Elektricitätswerkes (Krafterzeugungsstation; elektrische Maschinen, Accumulatoren: Transformatoren; Schaltapparate; unterirdische Leitungen; oberirdische Leitungen; elektrische Zähler; Erläuterungen über Wahl der Grundstücke; Anleitung über geeignete Disposition der Gebäude mit Zeichnungen; Beschreibung ausgeführter Elektricitätswerke). — Aufstellung der Materiallisten. — Herstellung der Kostenanschläge mit Angabe von Durchschnittspreisen. — Berechnung der Betriebskosten. — Aufstellung von Offertbedingungen für Lieferungen. — Konzessionsverträge. — Tarife.

Sämtliche vorstehend angeführte Bände sind, soweit nicht bereits erschienen, in der Bearbeitung begriffen, und es ist ihr Erscheinen in rascher Folge zu erwarten.

„Der Städtische Tiefbau“ ist zu beziehen durch die meisten Buchhandlungen, welche auf Verlangen die ersten Hefte der einzelnen Bände auch zur Ansicht senden. Jeder Band bildet ein für sich abgeschlossenes Ganzes und ist einzeln käuflich. Wo der Bezug auf Hindernisse stösst, wende man sich direkt an die Verlagsbuchhandlung.

Stuttgart,
im Februar 1901.

Arnold Bergsträsser Verlagsbuchhandlung
A. Kröner.

DRITTER TEIL.

DIE HOCHBAUKONSTRUKTIONEN.

1. Band: **Konstruktionselemente** in Stein, Holz und Eisen. Von Geh. Regierungsrat Prof. G. BARKHAUSEN, Hannover, Geh. Regierungsrat Prof. Dr. F. HEINZERLING, Aachen und Geh. Baurat Prof. † E. MARX, Darmstadt. — **Fundamente.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Dritte Auflage. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

2. Band: **Raumbegrenzende Konstruktionen.**

Heft 1: **Wände und Wandöffnungen.** Von Geh. Baurat Prof. † E. MARX, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 24 Mark, in Halbfranz gebunden 27 Mark.

Heft 2: **Einfriedigungen, Brüstungen und Geländer; Balkone, Altane und Erker.** Von Prof. † F. EWERBECK, Aachen und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Gesimse.** Von Prof. † A. GÖLLER, Stuttgart. Zweite Auflage. Preis: 20 M., in Halbfranz geb. 23 M.

Heft 3, a: **Balkendecken.** Von Geh. Regierungsrat Prof. G. BARKHAUSEN, Hannover. Zweite Aufl. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

Heft 3, b: **Gewölbte Decken; verglaste Decken und Deckenlichter.** Von Geh. Hofrat Prof. C. KÖRNER, Braunschweig, Bau- und Betriebs-Inspektor A. SCHACHT, Celle, und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Aufl. Preis: 24 Mark, in Halbfranz gebunden 27 Mark.

Heft 4: **Dächer;** Dachformen. Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — Dachstuhlkonstruktionen. Von Geh. Baurat Prof. TH. LANDSBERG, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.

Heft 5: **Dachdeckungen;** verglaste Dächer und Dachlichter; massive Steindächer, Nebenanlagen der Dächer. Von Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin, Geh. Baurat Prof. † E. MARX, Darmstadt und Geh. Oberbaurat L. SCHWERING, St. Johann a. d. Saar. Zweite Auflage. Preis: 26 Mark, in Halbfranz gebunden 29 Mark.

3. Band, Heft 1: **Fenster, Thüren** und andere bewegliche Wandverschlüsse. Von Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin. Zweite Auflage. Preis: 21 Mark, in Halbfranz gebunden 24 Mark.

Heft 2: **Anlagen zur Vermittelung des Verkehrs in den Gebäuden** (Treppen und innere Rampen; Aufzüge; Sprachrohre, Haus- und Zimmer-Telegraphen). Von Direktor † J. KRÄMER, Frankenhausen, Kaiserl. Rat PH. MAYER, Wien, Baugewerkschullehrer O. SCHMIDT, Posen und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 14 Mark, in Halbfranz gebunden 17 Mark.

Heft 3: **Ausbildung der Fussboden-, Wand- und Deckenflächen.** Von Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin. Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.

4. Band: **Anlagen zur Versorgung der Gebäude mit Licht und Luft, Wärme und Wasser.** Versorgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme. Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — Künstliche Beleuchtung der Räume. Von Geh. Regierungsrat Prof. H. FISCHER und Prof. Dr. W. KOHLRAUSCH, Hannover. — Heizung und Lüftung der Räume. Von Geh. Regierungsrat Prof. H. FISCHER, Hannover. — Wasserversorgung der Gebäude. Von Prof. Dr. O. LUEGER, Stuttgart. Zweite Auflage. Preis: 22 Mark, in Halbfranz gebunden 25 Mark.

5. Band: **Koch-, Spül-, Wasch- und Bade-Einrichtungen.** Von Geh. Bauräten Professoren † E. MARX und Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Entwässerung und Reinigung der Gebäude;** Ableitung des Haus-, Dach- und Hofwassers; Aborte und Pissoirs; Entfernung der Fäkalstoffe aus den Gebäuden. Von Privatdocent Bauinspektor M. KNAUFF, Berlin und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Aufl. (Vergriffen.) Dritte Auflage in Vorbereitung.

6. Band: **Sicherungen gegen Einbruch.** Von Geh. Baurat Prof. † E. MARX, Darmstadt. — **Anlagen zur Erzielung einer guten Akustik.** Von Geh. Baurat † A. ORTH, Berlin. — **Glockenstühle.** Von Geh. Rat Dr. C. KÖPCKE, Dresden. — **Sicherungen gegen Feuer, Blitzschlag, Bodensenkungen und Erderschütterungen; Stützmauern.** Von Baurat E. SPILLNER, Essen. — **Terrassen und Perrons, Freitreppen und äussere Rampen.** Von Prof. † F. EWERBECK, Aachen. — **Vordächer.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Eisbehälter und sonstige Kühlanlagen.** Von Stadtbaurat † G. OSTHOFF, Berlin und Baurat E. SPILLNER, Essen. Zweite Auflage. Preis: 12 Mark, in Halbfranz gebunden 15 Mark.

Zu beziehen durch die meisten Buchhandlungen.

VIERTER TEIL.

ENTWERFEN, ANLAGE UND EINRICHTUNG DER GEBÄUDE.

1. Halbband: **Die architektonische Komposition.** Allgemeine Grundzüge. Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — Die Proportionen in der Architektur. Von Prof. A. THIERSCH, München. — Die Anlage des Gebäudes. Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — Die Gestaltung der äusseren und inneren Architektur. Von Prof. J. BÜHLMANN, München. — Vorräume, Treppen-, Hof- und Saal-Anlagen. Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. Zweite Auflage. (Vergriffen.)
Dritte Auflage in Vorbereitung.

2. Halbband: **Gebäude für die Zwecke des Wohnens, des Handels und Verkehres.**

Heft 1: **Wohnhäuser.** Von Geh. Hofrat Prof. C. WEISSBACH, Dresden.
Preis: 21 Mark, in Halbfranz gebunden 24 Mark.

Heft 2: **Gebäude für Geschäfts- und Handelszwecke** (Geschäfts-, Kauf- und Warenhäuser, Gebäude für Banken und andere Geldinstitute, Passagen oder Galerien, Börsengebäude). Von Prof. Dr. H. AUER, Bern, Architekt P. KICK, Berlin, Prof. K. ZAAR, Berlin und Docent A. L. ZAAR, Berlin. Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.

Heft 3: **Gebäude für den Post-, Telegraphen- und Fernsprechdienst.** Von Postbaurat R. NEUMANN, Erfurt. Preis: 10 Mark, in Halbfranz gebunden 13 Mark.

3. Halbband: **Gebäude für die Zwecke der Landwirtschaft und der Lebensmittel-Versorgung.**

Heft 1: **Landwirtschaftliche Gebäude und verwandte Anlagen.** Von Prof. A. SCHUBERT, Kassel und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Auflage.
Preis: 12 Mark, in Halbfranz gebunden 15 Mark.

Heft 2: **Gebäude für Lebensmittel-Versorgung** (Schlachthöfe und Viehmärkte; Märkte für Lebensmittel; Märkte für Getreide; Märkte für Pferde und Hornvieh). Von Stadtbaurat † G. OSTHOFF, Berlin und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.

4. Halbband: **Gebäude für Erholungs-, Beherbergungs- und Vereinszwecke.**

Heft 1: **Schankstätten und Speisewirtschaften, Kaffeehäuser und Restaurants.** Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — **Volksküchen und Speiseanstalten für Arbeiter; Volks-Kaffeehäuser.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Oeffentliche Vergnügungsstätten.** Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — **Festhallen.** Von Geh. Rat Prof. Dr. J. DURM, Karlsruhe. — **Gasthöfe höheren Ranges.** Von Geh. Baurat H. v. D. HUDE, Berlin. — **Gasthöfe niederen Ranges, Schlaf- und Herbergshäuser.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Auflage. (Vergriffen.)
Dritte Auflage in Vorbereitung.

Heft 2: **Baulichkeiten für Kur- und Badeorte.** Von Architekt † J. MYLIUS, Frankfurt a. M. und Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — **Gebäude für Gesellschaften und Vereine.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT und Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — **Baulichkeiten für den Sport. Sonstige Baulichkeiten für Vergnügen und Erholung.** Von Geh. Rat Prof. Dr. J. DURM, Karlsruhe, Architekt † J. LIEBLEIN, Frankfurt a. M., Oberbaurat Prof. R. v. REINHARDT, Stuttgart und Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 11 Mark, in Halbfranz gebunden 14 Mark.

5. Halbband: **Gebäude für Heil- und sonstige Wohlfahrts-Anstalten.**

Heft 1: **Krankenhäuser.** Von Prof. F. O. KUHN, Berlin. Zweite Auflage.
Preis: 32 Mark, in Halbfranz gebunden 35 Mark.

Heft 2: **Verschiedene Heil- und Pflege-Anstalten** (Irrenanstalten, Entbindungsanstalten, Heimstätten für Wöchnerinnen und für Schwangere, Sanatorien, Lungenheilstätten, Heimstätten für Genesende); **Versorgungs-, Pflege- und Zufluchtshäuser.** Von Stadtbaurat G. BEHNKE, Frankfurt a. M., Oberbaurat und Geh. Regierungsrat † A. FUNK, Hannover und Prof. K. HENRICI, Aachen. Zweite Auflage.
Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

Heft 3: **Bade- und Schwimm-Anstalten.** Von Baurat F. GENZMER, Wiesbaden.
Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

Heft 4: **Wasch- und Desinfektions-Anstalten.** Von Baurat F. GENZMER, Wiesbaden.
Preis: 9 Mark, in Halbfranz gebunden 12 Mark.

Jedes Heft bildet ein für sich abgeschlossenes Ganzes und ist auch einzeln käuflich.

6. Halbband: **Gebäude für Erziehung, Wissenschaft und Kunst.**

Heft 1: **Niedere und höhere Schulen** (Schulbauwesen im allgemeinen; Volksschulen und andere niedere Schulen; niedere techn. Lehranstalten u. gewerbl. Fachschulen; Gymnasien und Real-Lehranstalten, mittlere techn. Lehranstalten, höhere Mädchenschulen, sonstige höhere Lehranstalten; Pensionate u. Alumnate, Lehrer- u. Lehrerinnen-Seminare, Turnanstalten). Von Stadtbaurat G. BEHNKE, Frankfurt a. M., Oberbaurat Prof. † H. LANG, Karlsruhe, Architekt † O. LINDHEIMER, Frankfurt a. M., Geh. Bauräten Prof. Dr. E. SCHMITT und † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. (Vergriffen.) Zweite Auflage unter der Presse.

Heft 2: **Hochschulen**, zugehörige und verwandte wissenschaftliche Institute (Universitäten; technische Hochschulen; naturwissenschaftliche Institute; medizinische Lehranstalten der Universitäten; technische Laboratorien; Sternwarten und andere Observatorien). Von Geh. Oberbaurat H. EGGERT, Berlin, Baurat C. JUNK, Berlin, Geh. Hofrat Prof. C. KÖRNER, Braunschweig, Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt, Oberbaudirektor † Dr. P. SPIEKER, Berlin und Geh. Regierungsrat L. v. TIEDEMANN, Potsdam. (Vergriffen.) Zweite Auflage in Vorbereitung.

Heft 3: **Künstler-Ateliers, Kunstakademien und Kunstgewerbeschulen; Konzerthäuser und Saalbauten.** Von Reg.-Baumeister C. SCHAUPERT, Nürnberg, Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt und Prof. C. WALTHER, Nürnberg. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

Heft 4: **Gebäude für Sammlungen und Ausstellungen** (Archive; Bibliotheken; Museen; Pflanzenhäuser; Aquarien; Ausstellungsbauten). Von Baurat † A. KERLER, Karlsruhe, Stadtbaurat A. KORTÜM, Halle, Architekt † O. LINDHEIMER, Frankfurt a. M., Prof. A. MESSEL, Berlin, Architekt R. OPFERMANN, Mainz, Geh. Bauräten Prof. Dr. E. SCHMITT und † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. (Vergriffen.) Zweite Auflage in Vorbereitung.

Heft 5: **Theater- und Cirkusgebäude.** Von Baurat M. SEMPER, Hamburg und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Unter der Presse.

7. Halbband: **Gebäude für Verwaltung, Rechtspflege und Gesetzgebung; Militärbauten.**

Heft 1: **Gebäude für Verwaltung und Rechtspflege** (Stadt- und Rathäuser; Gebäude für Ministerien, Botschaften und Gesandtschaften; Geschäftshäuser für Provinz- und Kreisbehörden; Geschäftshäuser für sonstige öffentliche und private Verwaltungen; Leichenschauhäuser; Gerichtshäuser; Straf- und Besserungsanstalten). Von Prof. F. BLUNTSCHLI, Zürich, Stadtbaurat A. KORTÜM, Halle, Prof. G. LASIUS, Zürich, Stadtbaurat † G. OSTHOFF, Berlin, Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt, Baurat F. SCHWECHTEN, Berlin, Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt und Baudirektor † TH. v. LANDAUER, Stuttgart. Zweite Auflage.
Preis: 27 Mark, in Halbfranz gebunden 30 Mark.

Heft 2: **Parlaments- und Ständehäuser; Gebäude für militärische Zwecke.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. P. WALLOT, Dresden, Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt und Oberstleutnant F. RICHTER, Dresden. Zweite Aufl. Preis: 12 Mark, in Halbfranz gebunden 15 Mark.

8. Halbband: **Kirchen, Denkmäler und Bestattungsanlagen.**

Heft 1: **Kirchen.** Von Hofrat Prof. Dr. C. GURLITT, Dresden. In Vorbereitung.

Heft 2 u. 3: **Denkmäler.** Von Architekt A. HOFMANN, Berlin. Unter der Presse.

Heft 4: **Bestattungsanlagen.** Von Städt. Baurat H. GRÄSSEL, München. In Vorbereitung.

9. Halbband: **Der Städtebau.** Von Geh. Baurat J. STÜBBEN, Köln. (Vergriffen.) Zweite Auflage in Vorbereitung.

10. Halbband: **Die Garten-Architektur.** Von Baurat A. LAMBERT und Architekt E. STAHL, Stuttgart.
Preis: 8 Mark, in Halbfranz gebunden 11 Mark.

Das »Handbuch der Architektur« ist zu beziehen durch die meisten Buchhandlungen, welche auf Verlangen auch einzelne Bände zur Ansicht vorlegen. Die meisten Buchhandlungen liefern das »Handbuch der Architektur« auf Verlangen sofort vollständig, soweit erschienen, oder eine beliebige Auswahl von Bänden, Halbbänden und Heften auch gegen monatliche Teilzahlungen. Die Verlagshandlung ist auf Wunsch bereit, solche Handlungen nachzuweisen.

Stuttgart,
im März 1903.

Arnold Bergsträsser Verlagsbuchhandlung
A. Kröner.

Handbuch der Architektur.

Unter Mitwirkung von Prof. Dr. **J. Durm,** Geh. Rat in Karlsruhe und
Prof. Dr. **H. Ende,** Geh. Regierungs- und Baurat, Präsident der Kunstakademie in Berlin,
herausgegeben von Prof. Dr. **Ed. Schmitt,** Geh. Baurat in Darmstadt.

Arnold Bergsträsser Verlagsbuchhandlung (A. Kröner) in Stuttgart.

Alphabetisches Sach-Register.

Jedes Heft bildet ein für sich abgeschlossenes Ganzes und ist auch einzeln käuflich.

	Teil	Band	Heft
Deckenlichter	III	2	3,b
„	III	3	1
Denkmäler	IV	8	2/3
Desinfektions-Anstalten	IV	5	4
Desinfektions-Einrichtungen	III	5	
Einfriedigungen	III	2	2
„	IV	9	
Einrichtung der Gebäude	IV	1/8	
Eisbehälter	III	6	
Eisen und Stahl als Konstruktionsmaterial	I	1	1
Eisenbahn-Verwaltungsgebäude	IV	7	1
Eislaufbahnen	IV	4	2
Elasticitäts- und Festigkeitslehre	I	1	2
Elektrische Beleuchtung	III	4	
Elektrotechnische Institute	IV	6	2
Entbindungs-Anstalten	IV	5	2
Entwässerung der Dachflächen	III	2	5
Entwässerung der Gebäude	III	5	
Entwerfen der Gebäude	IV	1/8	
Entwürfe, Anfertigung der	I	5	
Erhellung der Räume mittels Sonnenlicht	III	3	1
Erholung. Gebäude für Erholungszwecke	IV	4	
Erker	III	2	2
Etrusker. Baukunst der Etrusker	II	2	
Exedren	IV	4	2
„	IV	9	
Exerzierhäuser	IV	7	2
Fabrik- und Gewerbewesen	IV	7	1
Fahnenstangen	III	2	5
Fahrradbahnen	IV	4	2
Fahrstühle	III	3	2
Fäkalstoffe-Entfernung aus den Gebäuden	III	5	
Fassadenbildung	IV	1	
Fenster	III	3	1
Fenster- und Thüröffnungen	III	2	1
Fernsprechdienst, Gebäude für	IV	2	3
Fernsprech-Einrichtungen	III	3	2
Festhallen	IV	4	1
Festigkeitslehre	I	1	2
Findelhäuser	IV	5	2
Fluranlagen	IV	1	
Formenlehre des Ornaments	I	3	
Freimaurer-Logen	IV	4	2
Freitreppen	III	6	
„	IV	9	
Fundamente	III	1	
Fussböden	III	3	2
Galerien und Passagen	IV	2	2
Garten-Architektur	IV	10	
Gartenhäuser	IV	4	2
„	IV	9	
Gasbeleuchtung	III	4	
Gasthöfe	IV	4	1
Gebär-Anstalten	IV	5	2

	Teil	Band	Heft
Gebäudebildung	IV	1	
Gebäudelehre	IV	1/8	
Gefängnisse	IV	7	1
Geflügelzüchtereien	IV	3	1
Gehöftanlagen, landwirtschaftliche	IV	3	1
Geländer	III	2	2
Gerichtshäuser	IV	7	1
Gerüste	I	5	
Gesandtschaftsgebäude	IV	7	1
Geschäftshäuser	IV	2	2
Geschichte der Baukunst	II		
Antike Baukunst	II	1/2	
Mittelalterliche Baukunst	II	3/4	
Baukunst der Renaissance	II	5/7	
Gesimse	III	2	2
Gestaltung der äusseren und inneren Architektur	IV	1	
Gestüte	IV	3	1
Getreidemagazine	IV	3	1
Gewächshäuser	IV	6	4
Gewerbeschulen	IV	6	1
Gewölbe. Statik der Gewölbe	I	1	2
Gewölbte Decken	III	2	3,b
Giebelspitzen der Dächer	III	2	5
Glas als Material des Ausbaues	I	1	1
Glockenstühle	III	6	
Gotische Baukunst	II	4	
Griechen. Baukunst der Griechen	II	1	
Gutshöfe	IV	3	1
Gymnasien	IV	6	1
Handel. Gebäude für die Zwecke des Handels	IV	2	2
Handelsschulen	IV	6	1
Heil-Anstalten	IV	5	
Heizung der Räume	III	4	
Herbergshäuser	IV	4	1
Herrensitze	IV	2	1
Hochbau-Konstruktionen	III	1/6	
Hochbaukunde, allgemeine	I	1/5	
Hochlicht	III	3	1
Hochschulen	IV	6	2
Hof-Anlagen	IV	1	
Hofflächen, Befestigung der	III	6	
Holz als Konstruktionsmaterial	I	1	1
Hospitäler	IV	5	1
Hotels	IV	4	1
Innerer Ausbau	III	3/6	
Innungshäuser	IV	4	2
Institute, wissenschaftliche	IV	6	2
Irren-Anstalten	IV	5	2
Islam. Baukunst des Islam	II	3	2
Isolier-Hospitäler (Absond.-Häuser)	IV	5	1
Justizpaläste	IV	7	1
Kadettenhäuser	IV	7	2
Kaffeehäuser	IV	4	1
Kasernen	IV	7	2
Kaufhäuser	IV	2	2
Kegelbahnen	IV	4	2

